

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование электрической части КЭС и релейная защита блока генератор-трансформатор мощностью 100 МВт

УДК 621.311.2:621.175.8.002.5-83:621.316.925.1.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3А1	Гончаров Дмитрий Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Юдин С.М.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фигурко А.А.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Дашковский А.Г.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ОК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Уметь формулировать задачи в области <i>релейной защиты и автоматики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Уметь проектировать <i>противоаварийную автоматику, релейную защиту</i> .	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-8, ПК-9–14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-6, ПК-38–44, ПК-51), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-16, ПК-20–21, ПК-37), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-18, ПК-23–28, ПК-30, ПК-37, ПК-45, ПК-46–51), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-10, ОК-14, ПК-14, ПК-20, ПК-28, ПК-29, ПК-31), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-2, ОК-11, ОК-12, ОК-15, ПК-1, ПК-10, ПК-19, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-7, ПК-32, ПК-34), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-7, ОК-9, ПК-4, ПК-35), <i>CDIO Syllabus</i> (2,5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-5, ПК-21, ПК-22, ПК-36), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6, ОК-10, ОК-13, ОК-16, ПК-31, ПК-33), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП 13.03.02

Шестакова В.В.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3А1	Гончарову Дмитрию Михайловичу

Тема работы:

Проектирование электрической части КЭС и релейная защита блока
генератор-трансформатор мощностью 100 МВт

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2018

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).

Объектом проектирования является КЭС мощностью 400 МВт.

В качестве исходных данных представлены:

1. Количество генераторов на станции, их параметры;
2. Параметры энергосистемы;
3. Электрическая схема объекта.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

1. Характеристика КЭС, ее роль и место в энергосистеме
2. Выбор оборудования и схемы электрических соединений электростанции
3. Проектирование измерительной подсистемы
4. Выбор и обоснование устанавливаемых защит блока «генератор-трансформатор»
5. Расчет уставок защит и оценка их чувствительности
6. Социальная ответственность проекта
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
8. Заключение

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		1. Структурная схема станции 2. Схема подключения защит блока «генератор-трансформатор»
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко Аркадий Альбертович	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Юдин С.М.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3А1	Гончаров Дмитрий Михайлович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3А1	Гончарову Дмитрию Михайловичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение энергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавр	Направление	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, и человеческих.	Стоимость материалов и оборудования, стоимость электроэнергии, минимальная тарифная ставка оплаты труда
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Система амортизации - - линейная
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.	Ставка отчислений в социальные фонды – 30 % Общая система налогообложения

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ

2. Разработка устава научно-технического проекта

3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Календарный план-график выполнения проекта.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Фигурко А. А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3А1	Гончаров Дмитрий Михайлович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5А3А1	Гончарову Дмитрию Михайловичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавр	Направление	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, 2. технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:	На рабочем месте: Электростанция является энергетически важным объектом. На ней установлено высоковольтное оборудование.
3. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Технический регламент пожарная безопасность 21.12.1994г №69-ФЗ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	- электромагнитные поля, отклонение от нормативных параметров микроклимата, - шумы и вибрации, - отклонение освещенности.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности	- Электробезопасность - механические опасности;
3. Охрана окружающей среды: – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	-утилизация твердых бытовых отходов.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	-пожар в помещении
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	социальное страхования работников

Перечень графического материала:

1. Схема эвакуации из помещения

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Дашковский А. Г.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3А1	Гончаров Дмитрий Михайлович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.03.18	Описание энергосистемы и электростанции	20
02.04.18	Выбор и обоснование устанавливаемых защит	20
23.04.18.	Расчет релейной защиты генератора	20
21.05.18	Расчет релейной защиты трансформатора	20
22.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
25.05.18	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Юдин С.М.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

Реферат

Выпускная квалификационная работа, состоящая из 99 страниц, 21 рисунка, 23 таблиц, 43 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: режимы работы, подстанция, релейная защита, аварийный режим, реконструкция, КЭС, электрическая часть, энергосистема, коммутационная аппаратура, трансформатор, электроэнергетика, турбогенераторы, выключатели, шины, релейная защита, автоматика, блок.

Цель работы - рассчитать режимы работы и выбрать устройства релейной защиты.

В процессе работы использовались расчетные программные комплексы: «GTCURR», программные продукты Word, MathCAD, Excel, аналитические расчетные методы и графоаналитические расчетные методы.

Спроектированные релейная защита и автоматика блока базируются на отечественной микропроцессорной аппаратуре. Рассчитанный комплекс защит отвечает основным требованиям, предъявляемым к релейной защите: селективность, быстродействие, чувствительность и надежность.

Были рассмотрены вопросы социальной ответственности и финансового менеджмента.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2007 и графическом редакторе Microsoft Visio 2003 и представлена на компакт – диске DVD (в конверте на обороте обложки).

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в области Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. ГОСТ 2.702 – 2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем.
6. ГОСТ 2.709 – 89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединений электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах.
7. ГОСТ 2.721 – 74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
8. ГОСТ 3.1102 – 2011 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки и виды документов.
9. ГОСТ 3.1105 – 2011 Единая система конструкторской документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

АО «РЭС»: АО «Региональные электрические сети».

Подстанция: электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая

из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления, распределительных и вспомогательных устройств.

Релейная защита: комплекс автоматических устройств, предназначенных для быстрого (при повреждениях) выявления и отделения от электроэнергетической системы повреждённых элементов этой электроэнергетической системы в аварийных ситуациях с целью обеспечения нормальной работы всей системы.

Трансформатор: статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки на каком-либо магнитопроводе и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем (напряжений) переменного тока в одну или несколько других систем (напряжений), без изменения частоты.

Используемые сокращения:

ПС – подстанция

ВЛ – воздушная линия

КЗ – короткое замыкание

ХХ – холостой ход

ПА – противоаварийная автоматика

ПС – подстанция

РЗ – релейная защита

ТЭЦ–теплоэлектроцентраль

КЭС – конденсационная электростанция

ЭЭС – электроэнергетическая система

Содержание

Введение.....	13
1. Характеристика КЭС, ее роль и место в энергосистеме	16
2. Выбор турбогенераторов.	18
3. Выбор трансформаторов	21
4. Проектирование системы электроснабжения собственных нужд	23
5. Выбор схем электрических соединений распределительных устройств	25
6. Полное описание варианта и выбранного расчетного присоединения	27
7. Определение расчетных условий для выбора аппаратуры и токоведущих частей по продолжительным режимам работы выбранного присоединения .	29
8. Расчет токов КЗ	31
9. Выбор коммутационных аппаратов	33
9.1. Выбор выключателей.....	33
9.2. Выбор разъединителей	33
9.3. Выбор токоведущих частей.....	34
10. Проектирование измерительной подсистемы	37
10.1. Выбор измерительных трансформаторов тока	37
10.2. Выбор измерительных трансформаторов напряжения	37
11. Релейная защита и автоматика блока «генератор-трансформатор».	38
11.1. Выбор и обоснование устанавливаемых защит	38
11.2. Расчет уставок защит и оценка их чувствительности	40
11.2.1. Защита генератора.....	40
11.2.2. Защита трансформатора	49
12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	63
13. Социальная ответственность.	75
Заключение.	92
Список литературы.	94
Приложение А	

Введение

Главной чертой электроэнергетических систем (ЭЭС) является жесткая взаимосвязь различных элементов и комплексов, таких как:

- электрическое оборудование: генераторы, двигатели, трансформаторы, реакторы, компенсаторы, многообразные нагрузки;
- линии электропередач;
- электромеханическое оборудование: паровые и газовые турбины, сочлененные с турбогенераторами, гидротурбины, сочлененные с гидрогенераторами;

физико-химические энергетические преобразователи: котельные агрегаты, атомные реакторы, камеры сгорания газовых турбин; системы топливо приготовления на угольных электростанциях, транспортные системы и цеха, водохранилище и т.д.

Каждая часть электроэнергетики взаимосвязана, изменение параметров процесса одного элемента, влечет изменение параметров другого элемента.

Электроэнергетика является непростой системой, которая, в свою очередь, включает в себя различные подсистемы, рассчитанные на добычу, преобразование и использования энергетических ресурсов.

Опережающее развитие электроэнергетики ведет за собой активное перевооружение всевозможных секторов экономики этнического хозяйства государства.

Для правильной разработки и эксплуатации сложной электроэнергетической системы, нужно принимать во внимание вероятность появления в ней неисправностей, повреждений, следствием чего является ненормальный режим работы. Самым вероятным и опасным видом повреждений является короткое замыкание (КЗ).

Следствием различных повреждений и ненормальных режимов работы могут быть аварии, которые в свою очередь являются нарушением нормальной работы энергосистемы или её части. Такое нарушение сопровождается

некоторым недоотпуском потребителям электроэнергии, а также неприемлемым уменьшением ее качества, поломкой генерирующего оборудования.

Изначально, источники появления аварий различны, однако во многом аварии могут быть результатом не выявленных и не ликвидированных дефектов оборудования, низкого качества проектирования, монтажа и эксплуатации оборудования. В экономике современного мира, большое значение имеет бесперебойное электроснабжение качественным электричеством, что дает толчок к развитию бесперебойной и безаварийной работе. Чем быстрее будет обнаруживаться и ликвидироваться дефектный элемент, тем меньше будет ущерб.

Исходя из условий обеспечения надежности в функционировании неповрежденных элементов или части энергосистемы, а также снижение влияния и размеров дефекта оборудования, необходимо обеспечивать минимально возможное время отключения КЗ. Помимо этого, необходимо снижать влияние целой части энергосистемы от поврежденной, т.к. повреждения могут значительным образом сказаться на взаимосвязанных частях.

Обнаружение местоположения КЗ, а также действия для его ликвидации выполняются автоматически в короткий промежуток времени, потому как дежурный персонал не сможет определить и устранить последствия КЗ в считанные доли секунд. Релейная защита выполняет данную функцию автоматически, а также несет функцию защиты от некоторых ненормальных режимов работы.

Устройства релейной защиты и системной автоматики (УРЗА) в целом являются сложной многоступенчатой системой, которые, в свою очередь, функционируют для сохранения надежной и устойчивой работы синхронных генераторов, а также бесперебойного электроснабжения потребителей электроэнергии.

На сегодняшний день эксплуатируются устройства защиты элементов электроэнергетических систем, выполненные на электромеханической, микроэлектронной (линейные и логические интегральные микросхемы) и микропроцессорной элементной базе. Свои функции такие устройства выполняют только при условии, что они отвечают совокупности требований, описанных в нормативных материалах.

На стадии проектирования, должно быть учтено соответствие требованиям из нормативных документов и реальных УРЗиА, к тому же подход должен быть полным и комплексным. Стабильная и надежная работа ЭЭС возможна только при условии эффективного функционирования всех элементов, которые входят в комплекс УРЗиА.

В связи с вышесказанным, бесперебойная работа электроустановок не может обойтись без средств РЗА, которые в свою очередь дают возможность быстро обнаружить место повреждения, локализовать повреждения и останавливают распространение путем отключения поврежденного участка, форсируют системы управления нагруженных элементов.

Первоначально, необходимо выбрать участок сети, включающий автоматизируемые объекты. При этом необходимо учитывать необходимость достаточно полноценно спроектировать РЗА автоматизируемых объектов.

Для того, чтобы решить данные задачи необходимо использовать комплекс различных методов. В данной работе использовались методы логики, расчетно-аналитические методы, графические методы, математической статистики. Реализация названных методов и алгоритмов осуществляется через пакеты прикладных программ, «GTCURR», «Mathcad» и др.

Целью данного дипломного проекта является - проектирование релейной защиты основного КЭС 400 МВт.

1. Характеристика КЭС, ее роль и место в энергосистеме.

На тепловых электростанциях в котле происходит преобразование химической энергии топлива в энергию водяного пара, который приводит во вращение турбоагрегат (паровая турбина, которая соединена с генератором). Генератор преобразует механическую энергию вращения в электрическую. В качестве топлива для электростанций используют уголь, торф, горючие сланцы, газ и мазут.

В данной работе рассматривается конденсационная электростанция (КЭС) номинальной мощностью 400 МВт.

Основным оборудованием станции являются один турбогенератор мощностью 200 МВт и два турбогенератора мощностью по 100 МВт. На станции имеется два распределительных устройства ОРУ ВН 220 кВ, ОРУ СН 110 кВ, ГРУ 6 кВ. Связь с энергосистемой осуществляется по двум линиям 220 кВ.

Конденсационные электростанции (КЭС) обычно сооружаются вблизи мест добычи топлива. Так как его транспортировка на большие расстояния нецелесообразна экономически. Электроэнергия, вырабатываемая КЭС, передается по линиям электропередачи потребителям. КЭС строятся по блочному принципу и располагаются на значительном расстоянии от потребителей электроэнергии.

Актуальность проектирования КЭС обусловлена необходимостью покрытия электрической нагрузки в крупных районах страны с дефицитом электроэнергии.

Так же описываемая схема также содержит распределительные устройства (РУ) высокого напряжения 220 кВ (РУ ВН) и среднего напряжения 110 кВ (РУ СН).

Упрощенная схема КЭС приведена на рисунке 1.

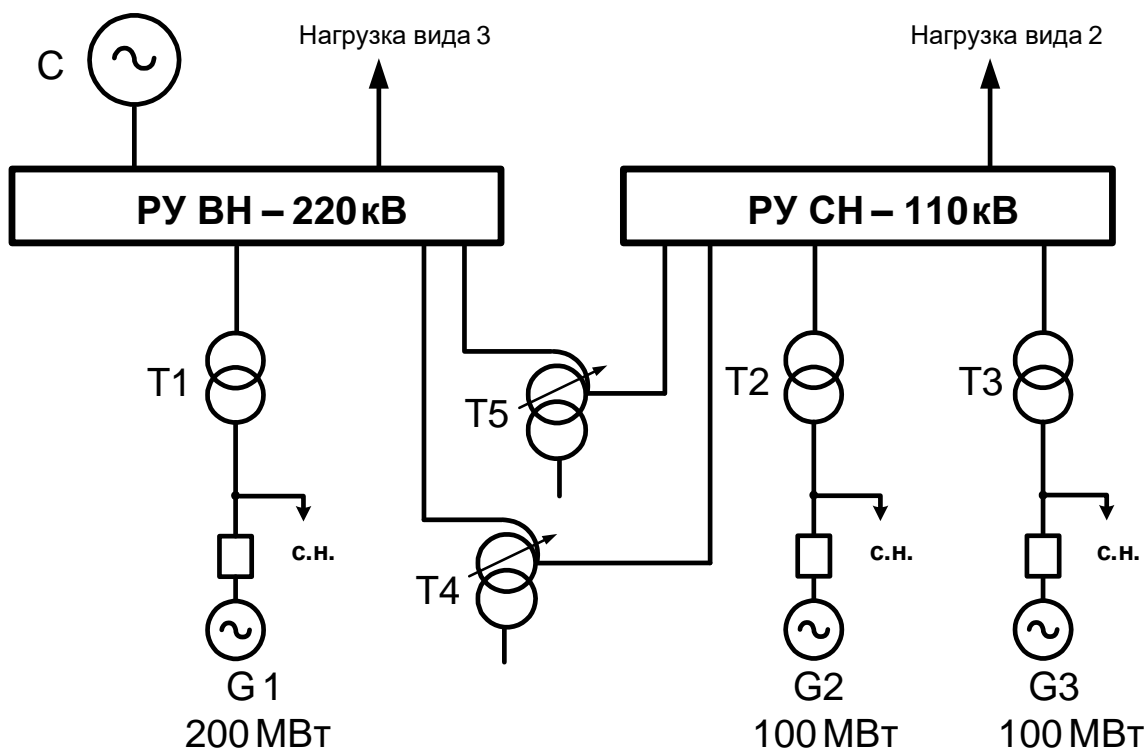


Рисунок 1 – Структурная схема электростанции.

2. Выбор турбогенераторов.

Выбор типа турбогенератора происходит на основании данных по номинальным параметрам агрегата:

по заданной активной мощности; по заданному напряжению обмотки статора – и дополнительным условиям:

- 1) первый тип генератора совпадает с серией машины по заданию на СР по дисциплине ЭЧС и электроснабжение потребителей;
- 2) другой тип – любая выпускаемая промышленностью серия машины.

Выбираем турбогенераторы ТГВ-200-2У3 и ТВФ-120-2У3.

Таблица 1 - Характеристики генераторов

Маркировка	Пояснение буквенной части	Пояснение цифровой части
1	2	3
ТГВ-200-2УЗ	ТГ – турбогенератор; В – применяется водородно – водяное охлаждение для обмоток статора и ротора	200 – активная мощность генератора, номинальная, 200 МВт; 2 – число полюсов; У – генератор принадлежит к использованию для “умеренного” климата З – в закрытом помещении с естественной вентиляцией.
ТВФ-120-2УЗ	Т – турбогенератор; В – применяется косвенное водородное охлаждение для обмотки статора; Ф – применяется непосредственное форсированное водородное охлаждение для обмоток статора;	120 – активная мощность генератора, номинальная, 100 МВт; 2 – число полюсов; У – генератор принадлежит к использованию для “умеренного” климата З – в закрытом помещении с естественной вентиляцией.

Продолжение таблицы 1

Маркировка	$S_{ном}$	$P_{ном}$	$U_{ном}$	$\cos\varphi$	$I_{ном}$	x''_d	x_d	x_2	$T_a^{(3)}$	Схема соединения обмоток статора
	МВ·А	МВт	кВ		кА	о.е.	о.е.	о.е.	с	
1	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ТГВ-200-2УЗ	235,5	200	15,75	0,85	8,625	0,19	1,84	0,232	0,546	У У
ТВФ-120-2УЗ	125	100	10,5	0,8	6,875	0,192	1,907	0,234	0,4	У У

Продолжение таблицы 1

Маркировка	Виды систем возбуждения	Описание системы охлаждения (охлаждаемая среда)			
		Статора		ротора	
		Обмотки	Стали	Обмотки	Бочки
1	14	15	16	17	18
ТГВ-200-2УЗ	ТС (ТН)	Н/водой	Н/В	Н/В	Водород
ТВФ-120-2УЗ	ВЧ	КВ	НВ	НВ	Водород

ТС – тиристорная система самовозбуждения, ТН – тиристорная система независимого возбуждения с возбудителем переменного тока, ВЧ – возбуждение от машинного возбуждения с вращающимися выпрямителями.
В – водородное охлаждение, Н – непосредственное, К – косвенное.

Описание системы возбуждения генератора ТГВ-200-2УЗ

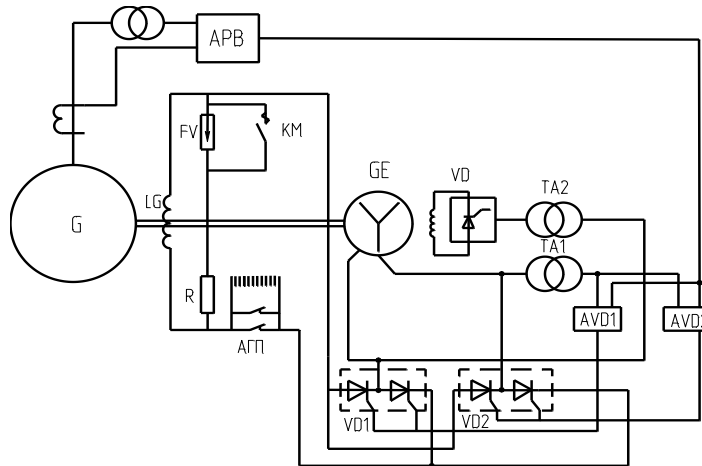


Рисунок 2 - Схема тиристорной независимой системы возбуждения для генераторов.

ТА1 – транс-ор, производящий питание системы управления вентилями рабочей группы AVD1 и форсированной группа AVD2; ТА2 – трансформатор самовозбуждения; VD – вентили системы возбуждения возбудителя, разрядник; R – разрядный резистор; АГП – автомат гашения поля; KM – контакты контактора; LG – обмотка возбуждения генератора

Описание системы возбуждения генератора ТВФ-120-2УЗ

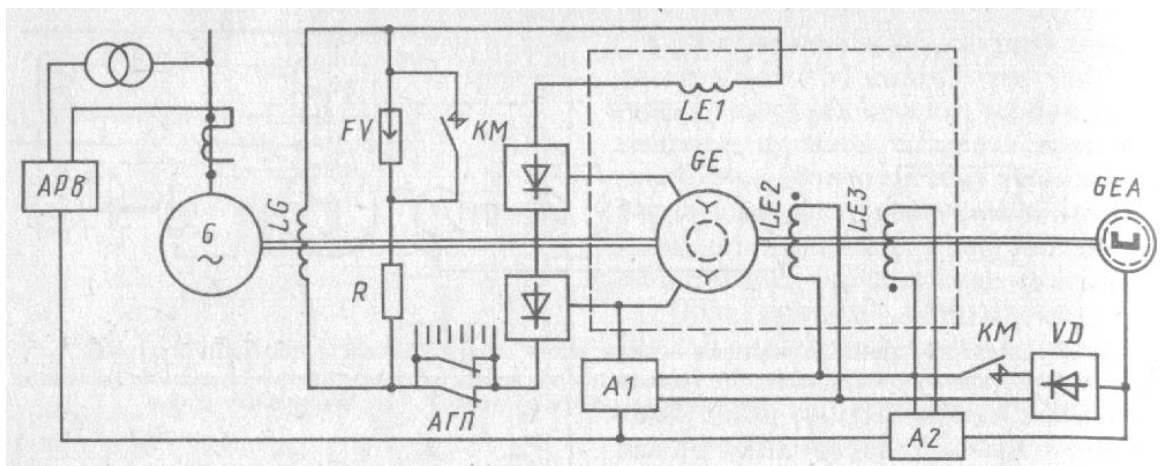


Рисунок 3 - Высокочастотная система возбуждения генератора ТВФ-120-2УЗ:

FV – разрядник, R – разрядный резистор, АГП – автомат гашения поля, KM – контакты контактора, LG – обмотка возбуждения генератора, LE – обмотка возбуждения возбудителя, GEA – подвозбудитель, А – магнитный усилитель.

Для снижения размеров возбудителя и магнитных усилителей в высокочастотной системе возбуждения, возбудитель переменного тока выполняют высокочастотным, обычно частота составляет 500 Гц. Такая система работает по схеме независимого возбуждения. На одном валу с генератором G находится вспомогательный синхронный генератор повышенной частоты GE , возбуждение которого осуществляется подвозбудителем GEA . Группа статических выпрямителей преобразует переменный ток возбудителя в постоянный. В схеме также присутствуют элементы схемы автоматического гашения поля: автомат АГП, резистор R , разрядник FV . При отключении генератора от внешней сети сначала размыкаются рабочие контакты, а затем дугогасительные. Возникшая дуга затягивается магнитным ду́тьем в дугогасительную решетку и разбивается на ряд коротких дуг, которые поддерживаются имеющимся запасом энергии магнитного поля обмотки возбуждения ротора. Отключившимся контактом KM в цепь возбуждения вводится сопротивление R , что влечет за собой уменьшение тока в обмотке ротора и энергии магнитного поля.

У турбогенераторов серии ТВФ статор имеет косвенное (отвод тепла от поверхности статора), а ротор – непосредственное водородное охлаждение. По сравнению с воздухом водород имеет ряд преимуществ: в 7 раз большая теплопроводность, в 14 раз меньшая плотность, в 1,44 раза больший коэффициент теплоотдачи с поверхности. Благодаря меньшей плотности уменьшаются вентиляционные потери; изоляция в среде водорода не окисляется. Однако применение водорода связано с опасностью взрыва смеси водорода с воздухом. Поэтому машины с водородным охлаждением должны иметь газоплотный корпус, масляные уплотнения вала, уплотнения токопроводов, крышек газоохладителей. В качестве косвенного охлаждения используется многоструйная система водородного охлаждения с газоохладителями, камерами горячего и холодного газа. При непосредственном водородном охлаждении ротора водород попадает внутрь полых проводников со стороны торцевой части ротора.

Вывод: в данном разделе выбраны турбогенераторы для проектируемой КЭС: один ТГВ-200-2УЗ и два ТВФ-120-2УЗ.

3. Выбор трансформаторов

Трансформаторы выбираются по классам напряжения РУ и генераторов, и по номинальной мощности генераторов.

Таблица 2 - Блочные двухобмоточные трансформаторы

Генератор			Трансформатор				Рис., обозначение на схеме
S_G	U_G	$U_{РУ}$	$S_{\text{ТРЕБ.НОМ}}$	Тип	$U_{НН}$	$U_{ВН}$	
МВ·А	кВ	кВ	МВ·А		кВ	кВ	
235,5	15,75	220	202,485	ТДЦ – 250000/220	15,75	242	4, Т1
125	10,5	110	107,47	ТДЦ – 125000/110	10,5	121	4, Т2
125	10,5	110	107,47	ТДЦ – 125000/110	10,5	121	4, Т3

Пример выбора трансформатора.

Критериями выбора трансформатора являются напряжение и мощность.

Выбор по напряжению осуществляется так: номинальное напряжение обмоток должно быть не менее напряжений точек подключения.

Выбор по мощности. Основным необходимым требованием при выборе трансформатора по мощности является то, чтобы номинальная мощность была больше требуемой номинальной мощности:

$$S_{\text{НОМ}} \leq S_{\text{ТРЕБ.НОМ.}}$$

где $S_{\text{ТРЕБ.НОМ.}}$ – требуемая номинальная мощность с учетом перетоков мощности в различных эксплуатационных режимах.

Выбор по нагрузочной способности. При учете нагрузочной способности требуемая номинальная мощность трансформатора корректируется .

Пример выбора Т1:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{треб.}}^{\text{ном.}}$$

$$110 \text{ кВ} \geq 110 \text{ кВ}$$

$$125 \text{ МВА} \geq S_{\text{треб.}}^{\text{ном}} = \frac{S_{\text{Г1}} (1 - K_{\text{с.н.}})}{K_{\text{нагр.}}^{\text{сист.}}} = \frac{125 \cdot (1 - 0,08)}{1,07} = 107,47 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

Выбираем трансформатор типа ТДЦ –125000/110.

Вывод: в данном разделе выбраны трансформаторы для проектируемой КЭС: ТДН – 10000/110 и один ТДЦ –125000/110.

Таблица 3 - Автотрансформаторы связи

Структурная схема		$S_{\text{ТРЕБ}}^{\text{ном}},$ МВ·А	Трансформатор			
Номер варианта	Номер рис.		Тип	$U_{\text{ВН}}^{\text{ном}},$ кВ	$U_{\text{СН}}^{\text{ном}},$ кВ	$U_{\text{ВН}}^{\text{ном}},$ кВ
7	4	93,55	АТДЦТН – 125000/220/110	230	121	6,3; 6,6; 10,5

Пример выбора автотрансформатора связи.

$$S_{\text{треб}}^{\text{ном}} = \max \left\{ \frac{S_{\text{расч}}^{\text{реж } i}}{K_{\text{нагр}}^{\text{сист}}}, \frac{S_{\text{расч}}^{\text{ремонт, реж } i}}{K_{\text{перез}}^{\text{авар}}} \right\} = \max \left\{ \frac{65.485}{1,07}; \frac{130.97}{1,4} \right\}$$

где $K_{\text{нагр}}^{\text{сист}} = 1,07$ [10. табл. 1.36], $K_{\text{перез}}^{\text{авар}} = 1,4$ [10. табл. 1.36]

$S_{\text{расч}}^{\text{ремонт}}$ равно максимальному перетоку мощности

$$S_{\text{расч}}^{\text{реж}} = 130.97 \text{ МВ} \cdot \text{А}, \text{ а } S_{\text{треб}}^{\text{ном}} = \frac{S_{\text{расч}}^{\text{реж}}}{K_{\text{перез}}^{\text{авар}}} = \frac{130.97}{1,4} = 93.55 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

Поэтому выбираем автотрансформатор типа АТДЦТН – 125000/220/110.

4. Проектирование системы электроснабжения собственных нужд

Нормальная работа электростанции возможна лишь при надежной работе всех механизмов с.н., что возможно лишь при их надежном электроснабжении.

1. Собственные нужды на электростанции используются в основном для приготовления и транспортировку топлива, подачу питательной воды и воздуха в паровые котлы и удаление шлаков и дымовых газов, то есть для приведения в движение механизмов собственных нужд, механизмами собственных нужд в основном являются асинхронные и синхронные двигатели, используемые в качестве питательных насосов, дутьевых вентиляторов, дымососов, конденсаторных насосов, дробилок, мельниц, циркуляционных насосов и др.

Собственное потребление электроэнергии зависит от типа электростанции, вида топлива и способов его сжигания, параметров пара, типа турбогенератора и его мощности, наличие турбо привода у части механизмов.

2. Принимаем напряжение первой ступени системы электроснабжения собственных нужд равным 6 кВ, так как стоимость электродвигателей 3 и 6 кВ мало отличается, а расход цветных металлов и потери электроэнергии в сетях 3 кВ значительно выше, чем в сетях 6 кВ.

3. Питание осуществляется отпайкой от энергоблока генератор G – двухобмоточный трансформатор Т.

Мощность, требуемая на с.н. определяется как $S_{\text{треб ном}}^{\text{с.н.}} = P_G \cdot \frac{K_{\text{с.н.}}}{100\%} \cdot K_{\text{спроса}}$,

где $K_{\text{спроса}} = 0,9$ [7 табл. 5.2.]

Для генератора ТГВ-200-2УЗ $S_{\text{треб ном}}^{\text{с.н.}} = 200 \cdot \frac{8}{100} \cdot 0,9 = 14,4 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

Для генератора ТВФ-120-2УЗ $S_{\text{треб.ном}}^{\text{с.н.}} = 100 \cdot \frac{8}{100} \cdot 0,9 = 7,2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

Выбираем следующие трансформаторы с.н.:

для блока G1 – T1:

ТРДНС – 25000/35

Т – трёхфазный;

Д – система охлаждения с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла;

Н – система регулирования напряжения под нагрузкой;

С – для систем собственных нужд электростанции;

для блоков G2 – T2, G3 – T3:

ТРДНС – 25000/35

Т – трёхфазный;

Д – система охлаждения с принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла;

Н – система регулирования напряжения под нагрузкой;

С – для систем собственных нужд электростанции;

Таблица 4 - Сведения о рабочих питающих элементах с.н.

Тип генератора	S_G	$S_{\text{д.д.а.и.и.}}^{\text{н.и.}}$	$S_{\text{д.д.а.и.и.}}^{\text{и.и.}}$	Тип рабочего элемента
	МВ · А	МВ · А	МВ · А	
ТГВ-200-2УЗ	235,5	14,4	25	ТРДНС – 25000/35
ТВФ-120-2УЗ	125	7,2	25	ТРДНС – 25000/35

4. Питающим элементом для резервного питания собственных нужд являются трансформаторы с.н., включенные на обмотку НН автотрансформатора, то есть выбираем ТРДНС – 25000/35.

Таблица 5 - Сведения о рабочих питающих элементах с.н.

Тип рабочего элемента	Количество	Место установки
1	2	3
ТРДНС – 25000/35	1	Низшая сторона автотрансформатора

Схема снабжения собственных нужд приведена на рис.4.

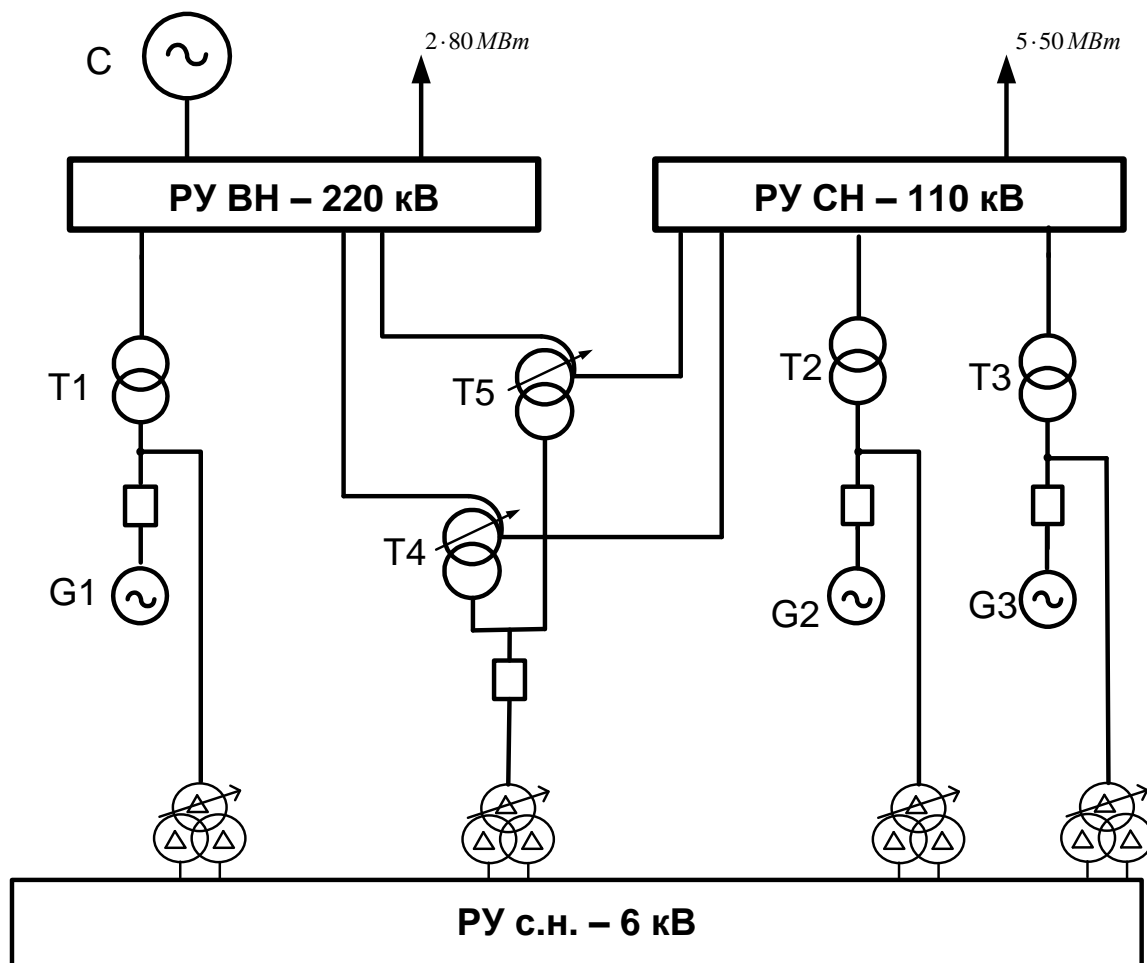


Рисунок 4 - Структурная схема собственных нужд.

5. Выбор схем электрических соединений распределительных устройств

В таблице 6 приведены возможные варианты схем электрических соединений распределительных устройств.

Таблица 6 - Описание возможных схем электрических соединений РУ

Название схемы	Требования по количеству присоединений
РУ ВН – 220 кВ, РУ СН – 110 кВ	
Одна секционированная рабочая система сборных шин с обходной	Применяется при числе присоединений 7-15. Присоединяется при ограниченном числе присоединений на среднем напряжении
Одна секционированная рабочая система сборных шин с секционированной обходной	Применяется при числе присоединений 7-15 с дополнительными эксплуатационными возможностями. Присоединяется при ограниченном числе присоединений на среднем напряжении
Две рабочие системы сборных шин с обходной, с одним выключателем на присоединение	Применяется при числе присоединений меньше 12
Две рабочие системы сборных шин, с двумя выключателями в присоединении для моноблоков мощностью 500 МВТ и выше и автотрансформаторов связи мощностью 500 МВА и выше, и две рабочие системы сборных шин с обходной, с одним выключателем в остальных присоединениях	Применяется при числе присоединений меньше 12

Таблица 7 - Используемые схемы шин РУ

Напряжение РУ, кВ	Полное название схемы
1	2
110	две рабочие системы сборных шин с обходной, с одним выключателем на присоединение.
220	две рабочие системы сборных шин с обходной, с одним выключателем на присоединение.

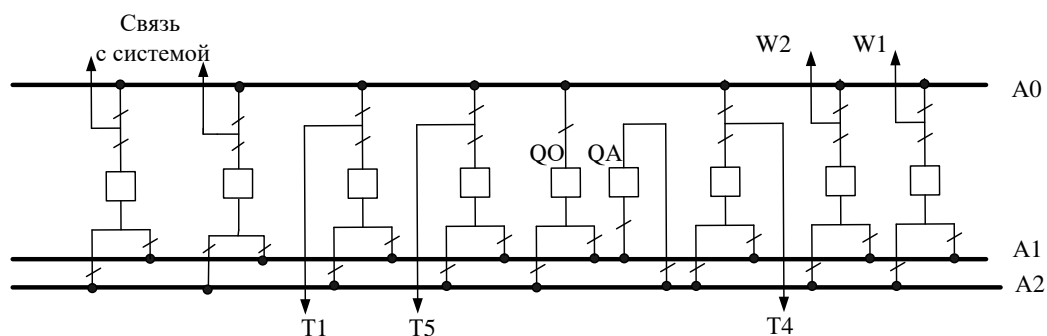


Рисунок 5 - Упрощенная схема электрических присоединений на
РУ ВН - 220 кВ.

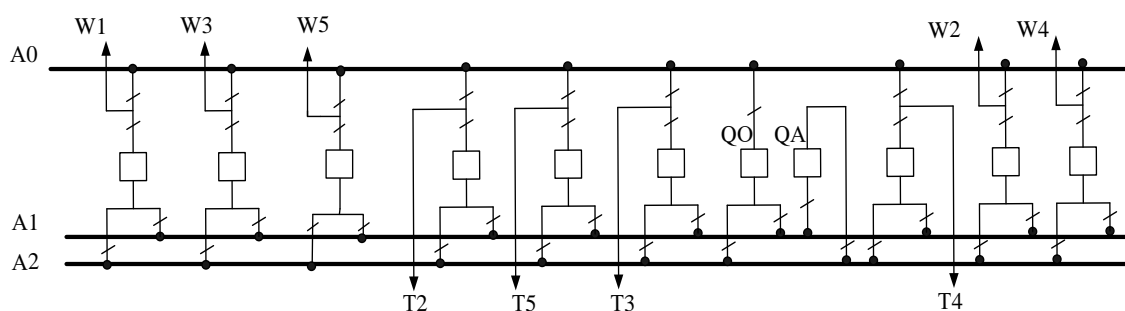


Рисунок 6 - Упрощенная схема электрических присоединений на
РУ СН - 110 кВ.

6. Полное описание варианта и выбранного расчетного присоединения

Блок-генератор – двухобмоточный трансформатор – шины РУ ВН 220 кВ является расчетным присоединением. Содержится генератор типа ТГВ-200-2УЗ, с номинальной активной мощностью $P = 200$ кВт; трансформатор двухобмоточный типа ТДЦ – 250000/220, с номинальной мощностью $S = 250$ МВ·А и распределительное устройство высшего напряжения РУ ВН, напряжением $U = 220$ кВ.

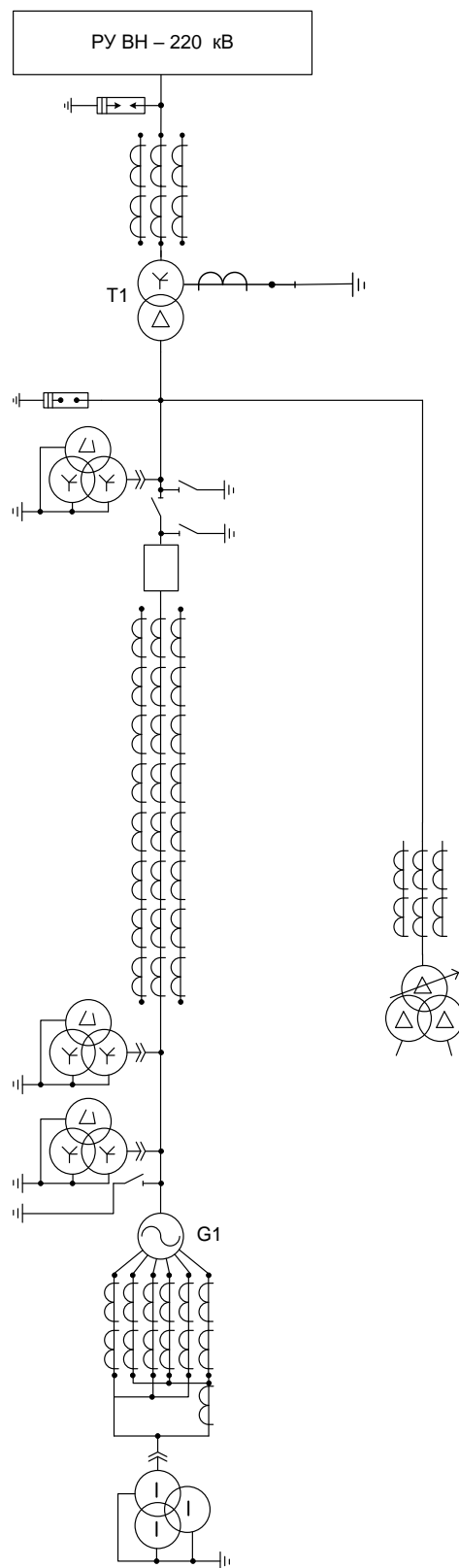


Рисунок 7 - Структурная схема блока трансформатор-генератор

7. Определение расчетных условий для выбора аппаратуры и токоведущих частей по продолжительным режимам работы выбранного присоединения

Продолжительный режим работы электротехнического устройства – режим, который продолжается не менее необходимого времени для достижения установившейся температуры его частей при неизменной температуре охлаждающей среды.

Такой режим работы имеет место при следующих режимах энергосистемы: нормальном, ремонтном, послеаварийном.

Нормальный режим – это режим работы, когда значения параметров устройства не выходят за пределы, которые допустимы при заданных условиях эксплуатации.

Ремонтный режим – режим плановых капитальных и профилактических ремонтов. При выборе аппаратов учитываются повышенные нагрузки.

Послеаварийный режим – это режим, когда некоторые элементы электроустановки вышли из строя вследствие аварийного (непланового) отключения.

Рассматривая два последних режима, следует выбирать самый тяжелый.

Поэтому, расчетными токами являются: $I_{\text{норм}}$ – наибольший ток в нормальном режиме; $I_{\text{макс}}$ – наибольший ток в ремонтном или послеаварийном режиме.

Таблица 8 – Расчетные формулы для присоединений и сборных шин

Присоединение, сборные шины		$I_{\text{норм}}$	$I_{\text{макс}}$
Генератор G3		$I_{\text{норм}}^{G3} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}}}$	$I_{\text{макс}}^{G3} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cdot 0,95 \cos \varphi_{\text{ном}}}$
Блочный трансформатор T1	ВН	$I_{T3}^{BH} = \frac{S_{\text{ном}}^{G3}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}^{CH}}$	$I_{T3}^{BH} = \frac{S_{\text{ном}}^{G3}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}^{CH} \cdot 0,95}$
	НН	$I_{T3}^{HH} = \frac{S_{\text{ном}}^{G3}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}^{G3}}$	$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{ном}}^{G3}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}^{G3} \cdot 0,95}$
Автотрансформаторы связи T4, T5	СН	$I_{\text{норм}}^{CH} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}^{CH}}$	$I_{\text{макс}}^{CH} = I_{\text{норм}} K_{\text{перез}}^{\text{авар}}$
Нагрузка 220 кВ		$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{нагр}}^{CH}}{n_{\text{л}} \sqrt{3} U_{\text{ном}}^{CH}}$	$I_{\text{макс}} = \frac{n}{(n-1)} I_{\text{норм}}$
Сборные шины РУ СН - 220 кВ		Равен наибольшему из нормальных токов присоединений	Равен наибольшему из максимальных токов присоединений

Таблица 9 – Токи продолжительных режимов участков расчетного присоединения

Обозначение на схеме	Присоединение, сборные шины		Нормальный режим		Утяжеленный режим	
			Развернутая формула	I _{норм} , кА	Развернутая формула	I _{макс} , кА
G1	Генератор		$\frac{200}{\sqrt{3} \cdot 15.75 \cdot 0.85}$	8,625	$\frac{200}{\sqrt{3} \cdot 15.75 \cdot 0.95 \cdot 0.85}$	9,076
T1	Блочный трансформатор	ВН	$\frac{(1 - 0.08) \cdot 235.5}{\sqrt{3} \cdot 220}$	0,569	$\frac{(1 - 0.08) \cdot 235.5}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.95}$	0,599
		НН	$\frac{(1 - 0.08) \cdot 235.5}{\sqrt{3} \cdot 15.75}$	7,942	$\frac{(1 - 0.08) \cdot 235.5}{\sqrt{3} \cdot 15.75 \cdot 0.95}$	8,36
T4, T5	Автотрансформаторы связи		$\frac{125}{\sqrt{3} \cdot 220}$	0,328	$0.328 \cdot 1.4$	0,459
2×110 МВт	Нагрузка, U = 220 кВ		$\frac{165.85}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 220}$	0,218	$\frac{2}{2-1} \cdot 0.218$	0,436
РУ ВН - 220 кВ	Сборные шины		-	0,569	-	0,599

8. Расчет токов КЗ

Для расчета токов КЗ составляется схема замещения. Для этого в схему вводятся источники питания и связи между ними, узлами схемы и местом повреждения. Так как при расчетах КЗ нагрузка не учитывается – трансформаторы СН на схеме не отображаются.

Схема замещения составляется для каждой точки КЗ.

Для отображения источников используются ЭДС, а связей – сопротивления.

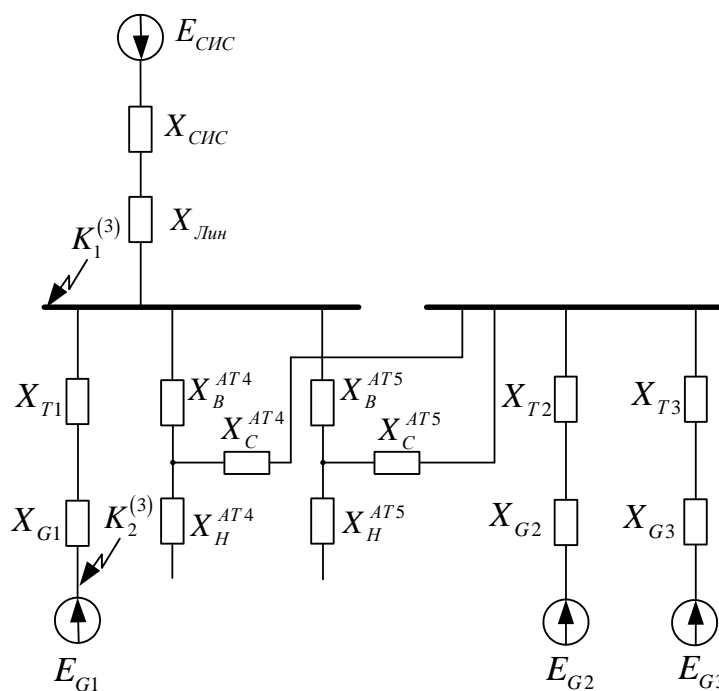


Рисунок 8 - Схема замещения для расчета трехфазного короткого замыкания

Расчеты проводим в программе GTCURR. Результаты расчёта программы GTCURR занесем в таблицу

Таблица 10 - Результаты расчёта режима трёхфазного К.З. программой GTCURR

Обозначение точки К.З; описание места повреждения	Источник	Параметры режима трёхфазного К.З.			
		$I_{по}, \kappa A$	T_a, c	K_y	$i_y, \kappa A$
K_I – Выводы генератора G1	G1	50,5	0,576	1,982	142
	G2	7,97	0,189	1,948	22
	G3	7,97	0,189	1,948	22
	система	19,1	0,0217	1,631	44
Суммарное значение		85,14			230
K_I – Шины РУ ВН – 220 кВ	G1	2,24	0,282	1,965	6,22
	G2	0,868	0,250	1,961	2,41
	G3	0,868	0,250	1,961	2,41
	система	2,24	0,0173	1,561	4,95
Суммарное значение		6,2			15,7

Вывод: в данном разделе рассчитаны токи КЗ для основных точек СЗ проектируемой КЭС. В дальнейшем данные токи будут использованы для расчета РЗиА

9. Выбор коммутационных аппаратов

9.1. Выбор выключателей

Выбор выключателей производится по продолжительным режимам и режимам КЗ.

Таблица 11 – Параметры выбранных выключателей

Место установки	Тип аппарата		Параметры режима			
			U, кВ	$I_{\max} (I_{\text{ном}}), \text{кА}$	$I_{\text{по}}, \text{кА}$	$i_y, \text{кА}$
Выводы блочного генератора 200 МВт	МГУ-20-90/9500УЗ	Расч.	15,75	9,076	85,3	230
		Катал.	20	9,5	90	300
ОРУ ВН – 220 кВ	ВВБК-220Б-56/3150У1	Расч.	220	0,459	6,20	15,7
		Катал.	220	3,15	56	128

9.2. Выбор разъединителей

Выбор разъединителя производится:

по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$;

по току $I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}; I_{\text{мах}} \leq I_{\text{ном}}$;

Таблица 12 – Выбор и проверка разъединителя

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Место установки	
			ОРУ - 220 кВ	Выводы G1 - 200 МВТ
Расчётные данные				
Напряжение	$U_{уст}$	кВ	220	15,75
Ток продолжительного режима	I_{max}	кА	0,459	9,076
Ударный ток	$i_{уд}$	кА	15,7	230
Интеграл Джоуля	$B_{расч}$	$(кА^2) \times c$	7,82	11669
Каталожные данные				
Тип аппарата			РНДЗ-2-220/1000 У1	РВПЗ-2-20/12500 У3
Номинальное напряжение	220	20	20	330
Номинальный ток	1	12,5	12,5	3,2
Предельный сквозной ток	100	490	490	160
Ток термической стойкости	40	180	180	63
Время термической стойкости	3	4	4	2
Интеграл Джоуля	4800	15625	129600	7938
Тип привода			з.н. ПРН-110У1	ПД-12У3

9.3. Выбор токоведущих частей

Выбор гибких шин и токопроводов:

В ОРУ – 220 кВ применяем шины, которые выполняются проводами АС. Эти шины применяются для соединения с ОРУ блочного трансформатора.

Выбор сборных шин 220 кВ:

Принимаем сечение по длительно допустимому току максимальной нагрузки на шинах, который определяется по току наиболее мощного присоединения: $I_{max} = 0,569$ кА

Используем АС - 300/39 два провода в фазе, $q_{ном} = 301,0/38,6$ мм², наружный диаметр $d = 24$ мм, допустимый ток 600 А.

Шины выполняются проводами на открытом воздухе, поэтому термическое воздействие тока не проверяется.

Проверка на сжигание проводится при сверхпереходных токах более 20 кА. Поэтому проверка не производится.

Так как сечение провода более 240 мм², условия коронирования не проверяются.

Выводы блочного трансформатора:

$$I_{\text{норм}} = 0,569 \text{ кА} \quad I_{\text{макс}} = 0,599 \text{ кА}$$

Проверка токопровода по экономической плотности тока:

$$q_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{эк}}} = \frac{569}{1} = 569 \text{ мм}^2$$

Проверяем сечение на нагрев по допустимому току:

Принимаем два провода в фазе АС - 300/39, допустимый ток 600 А.

$I_{\text{макс}} = 0,599 \text{ кА} < I_{\text{доп}} = 0,6 \text{ кА}$ - условие выполняется. Выбранное сечение меньше $q_{\text{эк}} = 569 \text{ мм}^2$.

Проверку по короне не производим, т.к. выбранное сечение больше минимального сечения, необходимого для данного напряжения.

$$q_{\text{min}} = 240 \text{ мм}^2.$$

Таблица 13 – Выбор и проверка гибких шин и токопроводов

Описание цепей	Каталожные данные					$q_{\text{эк}}, \text{мм}^2$	$I_{\text{max}}, \text{кА}$	Рас-ие между фазами, м
	Тип проводника	$q_{\text{ном}}, \text{мм}^2 (\text{А/С})$	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	Масса 1 км, кг				
				Алюминиевой части	Стали сердечника			
РУ СН– 220 кВ	АС - 300/39	301,0/ 38,6	600	830	302	-	0,599	0,45
Выводы блочного транс-ра	АС - 300/39	301,0/ 38,6	600	830	302	569	0,599	0,45

Выбор подвесных изоляторов

Выбираем подвесные фарфоровые изоляторы ПФ16-А в количестве 13 шт. в гирлянде, разрушающая электромеханическая нагрузка $F_{\text{разр}} = 160$ кН, высота изолятора $H_{\text{из}} = 173$ мм.

Выбор комплектного токопровода для выводов генератора G1

По таблице 9.13 (10, с. 539) для выводов генератора G1 в блоке выбираем следующий комплектный токопровод – ГРТЕ-20-10000-300.

Проверка токопровода:

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}; \Rightarrow 0,599 \text{ кА} < 10 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}; \Rightarrow 230 \text{ кА} < 300 \text{ кА}.$$

Таблица 14 – Выбор и проверка пофазно-экранированного токопровода

Тип генератора	Тип токопровода		I_{max} , кА	$U_{\text{уст}}$, кВ	$i_{\text{уд}}$, кА	Тип встроенных измерительных трансформаторов	
						тока	напряжения
1	2	3	4	5	6	7	8
ТГВ-200-2УЗ	ГРТЕ-20-10000-300	Расч	0,599	15,75	230	ТШ-20-10000/5	ЗНОМ-18
		Катал.	10	20	300		

10. Проектирование измерительной подсистемы

10.1. Выбор измерительных трансформаторов тока

Таблица 15 – Выбор трансформаторов тока

Место установки	Тип		$U_{уст(ном)}$ кВ	I_{max} кА	Класс точности	Стойкость при К.З.		Номинальные вторичные		Число втор обмоток
						электродинамическая, кА	термическая, кА ² с	нагрузка, Ом	ток, А	
Выводы блочного генератора 200 МВт	ТШ-20	расч	15,75	9,076	1	85,3	11669	1,2	5	0,2/10P
		кат	20	10	0,5	-	76800			
Линия нагрузки 220 кВ	ТФЗМ 220Б-1	расч	220	0,436	1	6,20	7,82	1,2	5	0,5/10P/10P
		кат	220	0,6	0,5	54	1200			
Блочный трансформатор Т1	ТВТ 220I-1000/5	расч	220	0,599	1	6,20	7,82	1,2	5	1/10P
		кат	220	1	1	-				
Автотрансформатор связи, сторона 220 кВ	ТВТ 220-I-2000/5	расч	220	0,459	1	6,20	7,82	1,2	5	1/10P
		кат	220	1	1	-				

10.2. Выбор измерительных трансформаторов напряжения.

Таблица 16 – Выбор и проверка измерительных трансформаторов напряжения, подключенных к сборным шинам 220 кВ

Место установки	Тип		Параметры		
			$U_{уст(ном)}$, кВ	Вторичная нагрузка	Класс точности
Сборные шины 220 кВ	НКФ-220-58У1	расчётные	220	50,2	0,5
		каталожные	220	400	0,5

Таким образом трансформатор напряжения будет работать в заданном классе точности.

11. Релейная защита и автоматика блока «генератор-трансформатор»

11.1. Выбор и обоснование устанавливаемых защит

Для генератора, согласно ПУЭ [13], принимаем следующие типы защит:

1. Дифференциальная защита. Она применяется для защиты от внутренних повреждений и повреждений на выводах генератора.

Поперечная дифференциальная защита генератора устанавливается на генераторах, у которых обмотки статора содержат параллельные ветви. Предназначается для защиты от витковых замыканий.

Продольная дифференциальная защита. Применяется для защиты от между фазных замыканий в обмотке статора и на ее выводах

2. Защита от внешних КЗ (для симметричных – дистанционная защита, для несимметричных – четырехступенчатая защита).

3. Защита от замыканий на землю обмотки статора.

4. Защита цепей возбуждения.

5. Защита от симметричной перегрузки обмотки статора.

При проектировании защиты трансформатора должно учитывать следующие режимы [13]: КЗ внешние, КЗ одно- и многофазные на выводах трансформатора, а также в обмотках, межвитковые замыкания в трансформаторе, режимы нагрузки трансформатора выше номинальной, снижение уровня масла, прогорание стали магнитопровода.

Для защиты трансформатора предусматриваем следующие типы релейной защиты: [13, 14]

1. Газовая защита - от повреждений внутри трансформатора, которые сопровождаются выделением газа.

2. Для защиты от повреждений внутренних повреждений и на выводах применяется продольная дифференциальная защита с торможением.

3. От перегрузки следует предусматривать максимальную токовую защиту с действием на сигнал.
4. Токовая двухступенчатая защита (токовая отсечка и максимальная токовая защита) применяется как резервная.
5. От токов внешних замыканий на землю устанавливается максимальная токовая защита нулевой последовательности.

Для защиты блока «Генератор-трансформатор» принимаем комплекс из двух шкафов ШЭ1111 и ШЭ1112 компании «ЭКРА». [14,15]

Перечень защитных функций [15]:

- продольная токовая ДФЗ генератора, $I \Delta G$;
- ДФЗ трансформатора, $I \Delta T$ или блока, $I \Delta GT$;
- МТЗ, $I >$;
- защита от симметричных перегрузок, I_1 ;
- защита ротора от перегрузок, I_R ;
- защита от повышения напряжения генератора, $U_G >$;
- устройство контроля исправности цепей напряжения переменного тока, КИН;
- ТЗ трансформатора, $I_T >$;
- защита от несимметричных перегрузок, I_2 ;
- измерительные органы максимального (ИО $I >$) и минимального (ИО $I <$) тока;
- измерительные органы максимального (ИО $U >$) и минимального (ИО $U <$) напряжения;
- защита от перевозбуждения, U/F ;
- защита ротора от замыкания на землю $Re <$;
- защиты генератора от замыканий на землю обмотки статора, $U_N(U_O)$,
- поперечная токовая ДФЗ генератора, $I \Delta >$;
- защита от асинхронного режима, $\Phi <$, Φ_U , Φ_Z ;

- резервная дистанционная защита от междуфазных повреждений, $Z<$;
- защита обратной мощности, P ;
- защита от изменения частоты, $F<$;
- $IN (F25)$, $IN>$, $UN(F25)$, $UN(100)$, $Se (F25)$;
- резервная защита блока нулевой последовательности от замыканий на землю, $IO(UO)$;
- УРОВ генератора;
- направленная токовая защита обратной последовательности, $M2$;
- устройство контроля синхронизма, $KС$;
- защита от частичного пробоя изоляции высоковольтных вводов трансформатора, КИВ.

Схема подключения защит приведена в приложении Б.

11.2. Расчет уставок защит и оценка их чувствительности

11.2.1. Защита генератора

Поперечная дифференциальная защита

Поперечная дифференциальная защита устанавливается на генераторах, в обмотках статора которых имеются параллельные ветви. Данная защита предназначена для защиты от витковых замыканий. Для начала, необходимо определить начальный ток срабатывания. Начальный ток срабатывания принимается равным $0,1 I_{НОМ}$, по рекомендации производителя.[15]

$$I_{CPO} = 0,1 \cdot I_{НОМ} = 0,1 \cdot \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 0,1 \cdot \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 0,687 \text{ кА}.$$

Продольная дифференциальная защита

Необходимо определить начальный ток срабатывания. Начальный ток срабатывания принимается равным $0,1 I_{НОМ}$, по рекомендации производителя.[15]

$$I_{CP0} = 0,1 \cdot I_{НОМ} = 0,1 \cdot \frac{P_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 0,1 \cdot \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,8} = 0,687 \text{ кА}.$$

Далее необходимо определить точку излома характеристики срабатывания. Точка излома принимается, как рекомендуемое производителем значение $B=1,5$.

Далее определяется наклон характеристики (коэффициент торможения). Принимаем рекомендуемое производителем значение $k_T=0,5$.

Защита от замыканий на землю обмотки статора $U_N(U_0)$

Орган напряжения нулевой последовательности U_0 позволяет обеспечить защиту до 85-95% витков обмотки статора со стороны фазных выводов. Для защиты остальной части обмотки введен орган напряжения третьей гармоники U_3 , который охватывает 20-30% витков обмотки со стороны нейтрали. Для обеспечения надежного функционирования органа U_3 рабочая цепь включается на сумму напряжений $\dot{U}_N + \dot{U}_\Delta$, а тормозная – на напряжение \dot{U}_N . \dot{U}_Δ – напряжение установившегося режима при замыкании на землю вблизи нейтрали.

Условие срабатывания защиты:

$$U_{РАБ} = \left| \dot{U}_N + \dot{U}_\Delta \right| > U_{ТОРМ} = \left| \dot{U}_N \right| \cdot K_T$$

K_T – коэффициент торможения.

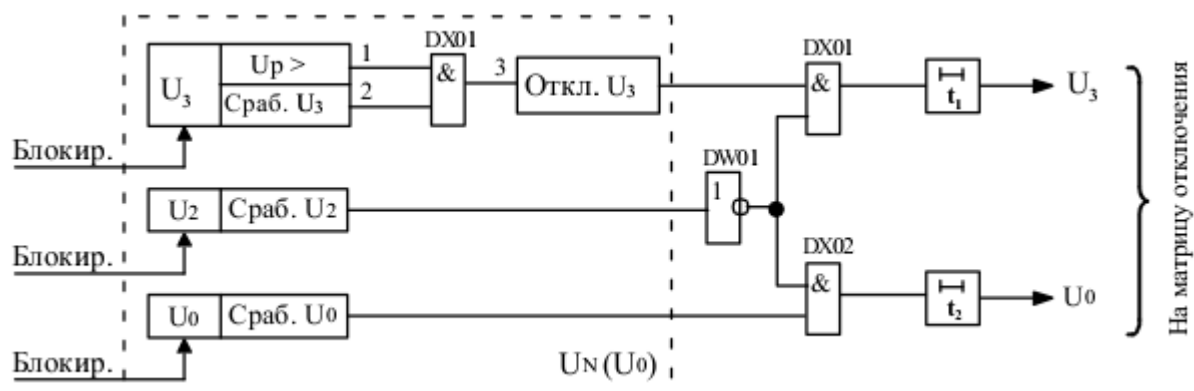


Рисунок 9 – Структурная схема защиты.

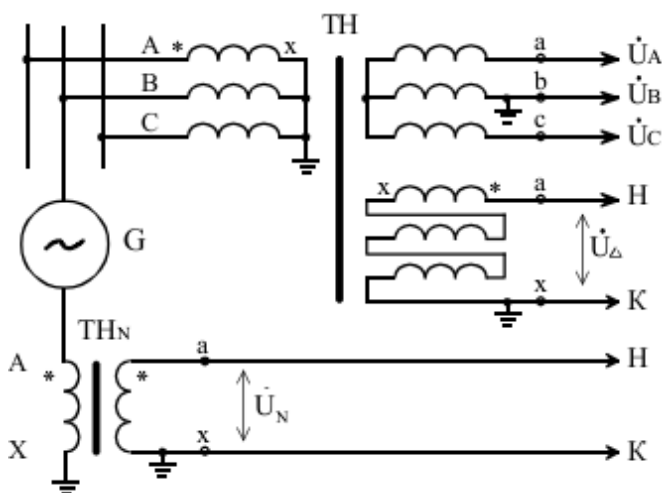


Рисунок 10 – Схема подключения защиты.

Свойства защиты от замыканий на землю обмотки статора:

- защищает вывода генератора и часть обмотки статора (до 85 %) при помощи использования основной составляющей напряжения нулевой последовательности
- защищает нейтраль генератора и часть обмотки статора со стороны нейтрали (до 30 %) путем использования соотношения напряжений третьей гармоники в нейтрали и на выводах генератора
- отстроена от внешних КЗ
- отстроена от апериодической составляющей и высших гармоник
- амплитудно-фазовая коррекция напряжений третьей гармоники

Защита включает орган напряжения нулевой последовательности первой гармоники и орган третьей гармоники. Орган первой гармоники основан на максимальном реле напряжения с фильтром высших гармоник, орган третьей гармоники представляет собой реле напряжения с торможением.

Защита генераторов мощностью более 100 МВт от внешних замыканий

Для защиты генераторов мощностью более 100 МВт применяется два типа защиты:

- для защиты от симметричных КЗ используется дистанционная защита.
- для защиты от внешних несимметричных замыканий применяется четырехступенчатая токовая защита обратной последовательности.

Дистанционная защита

Отстройка дистанционной защиты производится исходя из максимального нагрузочного режима. Поэтому, сопротивление срабатывания рассчитывается следующим образом:

$$Z_{CЗ} = \frac{Z_{НАГР}}{k_H \cdot k_B \cdot \cos(\varphi_{МЧ} - \varphi_{НАГР})} = \frac{U_{МИН}}{\sqrt{3} \cdot 1,5 \cdot I_{НОМ} \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot \cos(1)} =$$

$$= \frac{0,95 \cdot U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot 1,5 \cdot I_{НОМ} \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot \cos(1)} = \frac{0,95 \cdot 10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,5 \cdot 6,875 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot \cos(1)} = 0,443 \text{ Ом}$$

где принимается равным:

$k_H = 1,2$ – коэффициент надежности;

$k_B = 1,05$ – коэффициент возврата;

$\varphi_{МЧ} = 65-80$ град - угол максимальной чувствительности;

$\varphi_{нагр}$ – угол нагрузки.

Для дистанционной защиты применяется несколько характеристик. В случае необходимости выполнения функций дальнего резервирования, применяют эллиптическую характеристику. При такой характеристике сопротивление срабатывания, которое характеризуется большей осью эллипса, должно быть меньше или равно Z_{C3} для характеристики в форме круга. Это достигается с помощью выбора коэффициента эллиптичности. [15, 16]

$$k_{\varepsilon} = \frac{Z_{C3}}{Z_{C3 \text{ МАКС}}} = \frac{Z_{C3}}{1,85 \cdot Z_{C3}} = \frac{1}{1,85} = 0,54054$$

Уставка на реле подсчитывается по формуле:

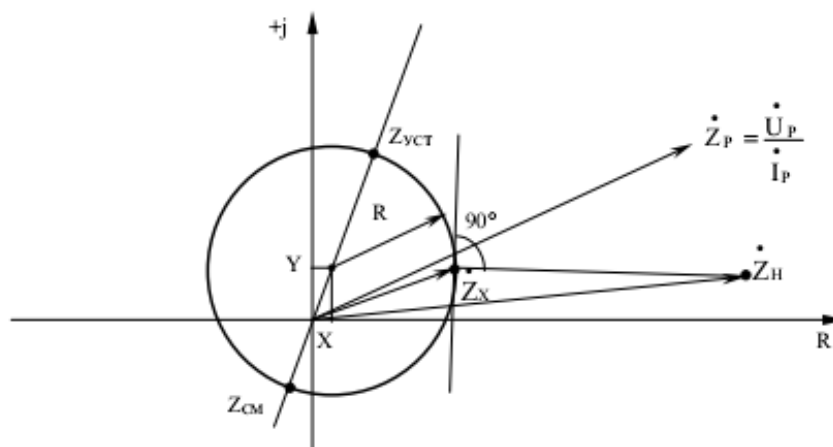
$$Z_{CP} \leq Z_{C3} \cdot \frac{n_{TT}}{n_{TH}} = 0,443 \cdot \frac{10\sqrt{3} \cdot 5}{100\sqrt{3} \cdot 8} = 0,028$$

Выбран трансформатор тока ТЛШ10-8000/5. [12]

Выбран трансформатор напряжения 3хЗНОЛ.06-10 $\sqrt{3}$ /100 $\sqrt{3}$. [12]

Для характеристик дистанционной защиты, применяют смещение в третий квадрант. Смещение производится по линии максимальной чувствительности. При этом, для круговой характеристики применяется смещение на 12%, а для эллиптической – 11%. [15]

Для выполнения функций ближнего и дальнего резервирования защиту выполняют с двумя выдержками времени. Для каждой из выдержек коэффициенты чувствительности должны быть более 1,2 и 1,5 соответственно.



$Z_{уст}$ – уставка по сопротивлению срабатывания;

$Z_{см}$ – уставка по сопротивлению смещения;

Z_p – полное сопротивление, измеряемое функцией органа минимального сопротивления.

Рисунок 11 – Характеристика дистанционного измерительного органа минимального сопротивления.

Четырехступенчатая токовая защита обратной последовательности

4-х ступенчатая ТЗОП генераторов выполняется в виде двух отсеков, сигнального и интегрального пускового органа.

- Отсечка I – для ближнего резервирования, т.е. работает при отказе основных защит генератора,
- Отсечка II – предназначена для дальнего резервирования, для резервирования защит трансформатора блока,
- Защита от несимметричной перегрузки, содержащая интегральный и пусковой орган,
- Сигнальный орган.

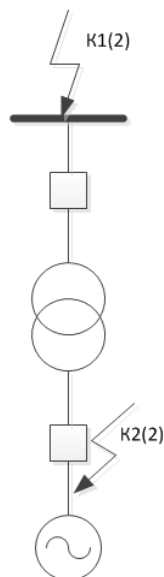


Рисунок 12 – Расчет защиты

1. Ток срабатывания отсечки I выбирается по выражению:

$$I_{ср.отс. I}^I = \frac{I_{K2Г}^{(2)}}{k_q} = \frac{0,85 I_{K2Г}^{(3)}}{k_q} = \frac{0,85 \cdot 50,5}{1,5} = 28,62 \text{ кА};$$

Величина $I_{ср.отс. I}$ должна входить в диапазон $(0,05 \div 3) I_{НОМ}$.

Рассчитанное значение удовлетворяет требованию. Выдержка времени отсечки II принимается равной 0,3 секунды.

2. Ток срабатывания отсечки II рассчитывается по выражению:

$$I_{ср.отс. II}^II = \frac{I_{K1Г}^{(2)}}{k_q} = \frac{0,85 I_{K1Г}^{(3)}}{k_q} = \frac{0,85 \cdot 32,61}{1,3} = 21,32 \text{ кА}$$

$$k_q = 1,3;$$

$$I_{ср.отс. II} = (0,05 \div 3) \cdot I_{НОМ} = 3 \cdot 6,875 = 20,625 \text{ кА}.$$

Выдержка времени отсечки II отстраивается от времени действия резервных защит присоединений для действия на деления шин, а для отключения выключателя генератора или блока – принимается на ступень селективности больше первой.

3. Ток срабатывания ступени III:

$$I_{\text{ср.аб III от перегр}} = 0,12 \cdot I_{\text{НОМ}} = 0,12 \cdot 6,875 = 0,825 \text{ кА}$$

Интегральный орган защиты имеет характеристику срабатывания, соответствующую перегрузочной способности генератора к токам обратной последовательности, и запускается пусковым органом.

4. Ток срабатывания ступени IV:

$$I_{\text{ср.аб IV с.игн орган}} = 0,09 \cdot I_{\text{НОМ}} = 0,09 \cdot 6,875 = 0,619 \text{ кА}$$

Выдержка времени должна быть больше времени действия резервных защит блока.

Защита от симметричной перегрузки обмотки статора

Защита подключается на ток одной фазы статора. Включает в себя два органа: интегральный и пусковой. Интегральный орган запускается пусковым. Информация на защиту подается от трансформатора тока, установленного в одной из фаз обмотки статора.

Блок защиты включает следующие органы:

- сигнальный орган с током срабатывания:

$$I_{\text{ср.со}} = 1,05 \cdot I_{\text{НОМ}} = 1,05 \cdot 6,875 = 7,219 \text{ кА}$$

с независимой выдержкой времени;

- пусковой орган:

$$I_{\text{ср.по}} = 1,1 \cdot I_{\text{НОМ}} = 1,1 \cdot 6,875 = 7,563 \text{ кА},$$

предназначен для пуска интегрального органа, который реализует нагрузочную характеристику генератора.

Для сигнального, пускового и органа токовой отсечки регулируемый диапазон уставок $(1,0 \div 2,0)I_{\text{НОМ}}$ с шагом $0,01 \cdot I_{\text{НОМ}}$, коэффициент возврата не ниже 0,98.

Защита цепей возбуждения

Защита ротора от перегрузки током возбуждения

Блок-реле защиты состоит из следующих органов:

- сигнальный, ток срабатывания

$$I_{CP\ CO} = 1,07 \cdot I_{НОМ\ f} = 1,07 \cdot 1,75 = 1,87 \text{ кА}$$

и независимой выдержкой времени;

$I_{НОМ\ f} = 1,75 \text{ кА}$ -ток возбуждения (справочная величина) [11]

- пусковой, ток срабатывания

$$I_{CP\ ПО} = (1,05 \div 1,2) \cdot I_{НОМ\ f} = 1,2 \cdot 1,75 = 2,1 \text{ кА};$$

– интегральный, реализует нагрузочную характеристику генератора и имеет двухступенчатый выход.

Первая ступень действует на разгрузку, вторая – на остановку блока.

Защита от замыканий на землю в цепи возбуждения

Свойства

- выявление замыкания на землю в цепи возбуждения
- наложение напряжения частотой 17 Гц через разделительный фильтр на цепи ротора
- отстроена от высших гармоник в напряжении в цепи возбуждения
- контроль источника вспомогательного напряжения
- контроль целостности цепи измерения

Защита выполняется в виде двух ступеней: грубой и чувствительной. Порог чувствительности – 50 кОм. Первая ступень подает сигнал при снижении изоляции до величины 10 кОм, вторая ступень действует на отключение генератора при значении сопротивления изоляции обмотки ротора $R_{ИЗ} \leq 2,5 \text{ кОм}$.

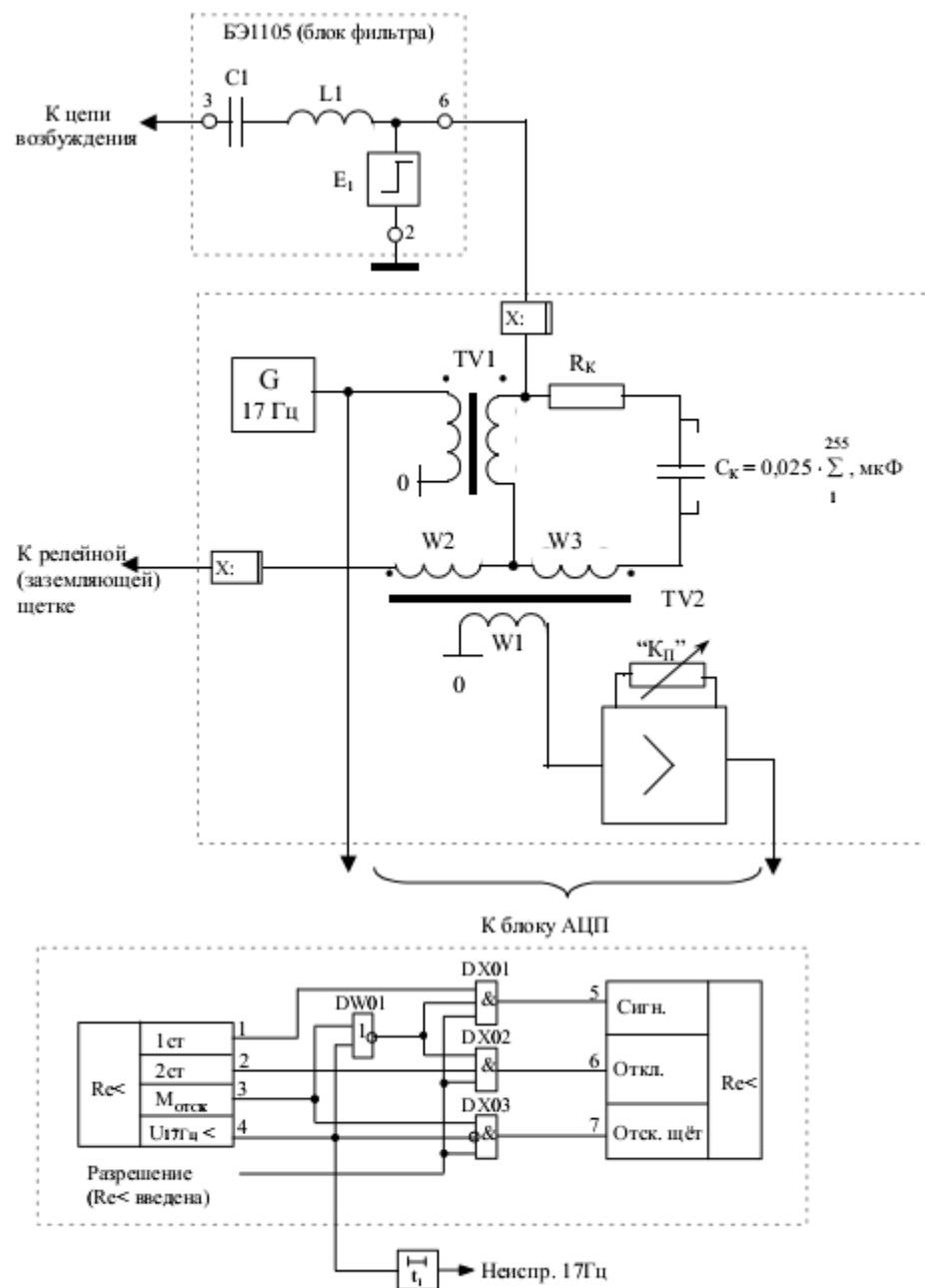


Рисунок 13 – Структурная схема защиты ротора от замыканий на землю.

11.2.2. Защита трансформатора

Газовая защита трансформатора

Газовая защита применяется в обязательном порядке на трансформаторах с масляной системой охлаждения. Ее действие основано на контроле выделения газа, происходящего при разложении масла. При

каждом, в том числе незначительном повреждении обмоток, за счет выделения тепла происходит разложение масла. Насыщенность выделения газа находится в зависимости от серьезности дефекта.

Газовая защита выполняется на газовых реле, которые представляют собой металлический корпус, монтируемый в маслопровод между баком и расширителем трансформатора. Изнутри корпуса реле монтируются поплавковые контакты, которые при возникновении газа замыкают свои контакты. При слабом газообразовании реле воздействует на сигнал, при интенсивном - на отключение.

Газовая защита считается элементарным и всепригодным инструментом с целью установления внутренних дефектов трансформатора. Она дает возможность установить витковые замыкания, на которые не откликается дифференциальная защита из-за небольшой величины тока. [8, 11]

Силовые маслонаполненные трансформаторы, имеющие в своей конструкции расширительный бак, с мощностью от 630кВа, в обязательном порядке комплектуются газовой защитой. Газовое реле служит для защиты от всех видов внутренних повреждений, во время, которых происходит выделение горючего газа, стремительное протекание масла в расширительный бак и утечка масла из трансформатора наружу.

Существует три основные разновидности газового реле:

1. Поплавковые реле.
2. Лопастные.
3. Чашечные.

Самые распространенные – поплавковые газовые реле.

Корпус реле представляет собой литой сосуд из алюминиевого сплава или чугуна, покрытого защитным лакокрасочным материалом с двумя поплавками. Существуют также однопоплавковые реле с фланцевым или

резьбовым соединением. Сосуд реле врезан в рассечку наклонного трубопровода, предназначенного для соединения трансформаторного и расширительного баков.



Рисунок 14 – Газовое реле

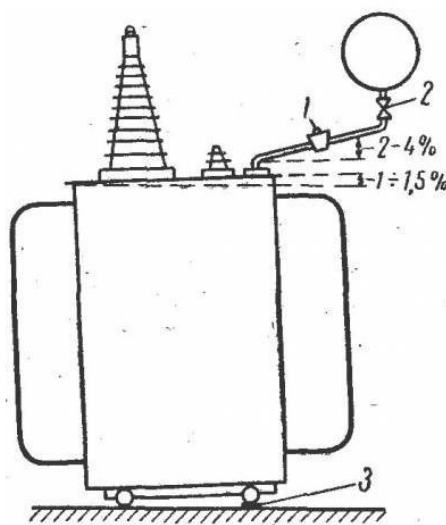


Рисунок 15 – Газовое реле в конструкции трансформатора

Работа поплавкового механизма строится на принципе гидромеханики. Два ртутных контакта реле закреплены на поплавках, они управляют цепями вспомогательного тока. На поплавке, расположенном сверху закреплены контакты, включенные в цепь сигнала. Нижние контакты, расположенные на нижнем, втором поплавке включены в цепь отключения трансформатора.

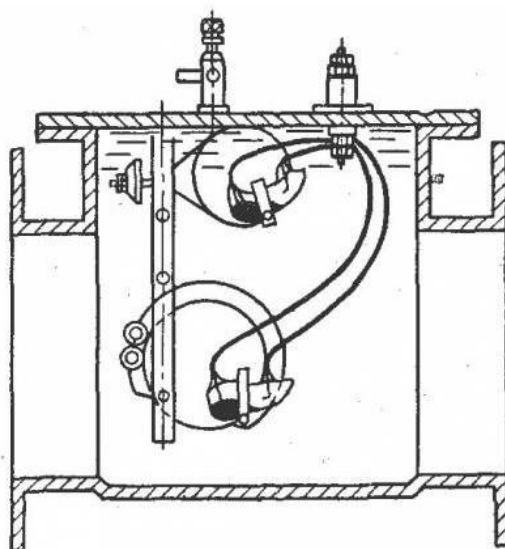


Рисунок 16 – Газовое реле поплавкового типа

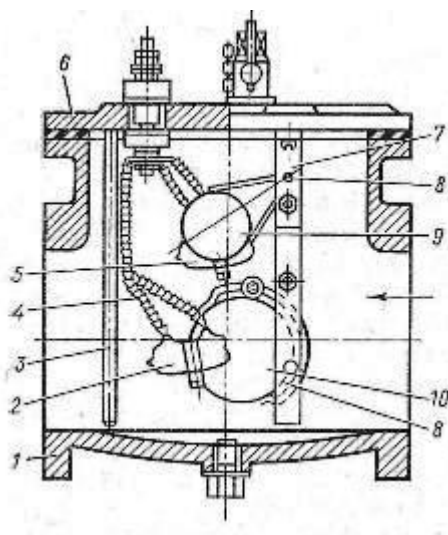


Рисунок 17 – Газовое реле поплавкового типа: 1 - корпус, 2,5 - контакты, 3 - стержень, 4 - изоляция выводов, 6 - крышка, 7 - рамка, 8 - ось, 9 - верхний поплавок, 10 - нижний поплавок.

В том случае если в трансформаторе появились повреждения внутри корпуса, в результате которых образуются газы, как продукты разложения трансформаторного масла, они будут подниматься, к маслорасширителю и попадут в газовое реле.

В верхней части реле собираются газ или воздух, трансформаторное масло, заполняющее сосуд газового реле, будет вытесняться, происходит опускание верхнего поплавка, замкнутся контакты, срабатывающие «на сигнал». Включается звуковая сигнализация, на подстанции выпадает контрольный блинкер.

Последующие за этим дальнейшее понижение уровня трансформаторного масла в баке вызывает опускание нижнего поплавка, происходит замыкание нижних контактов, срабатывающих на отключение трансформатора.

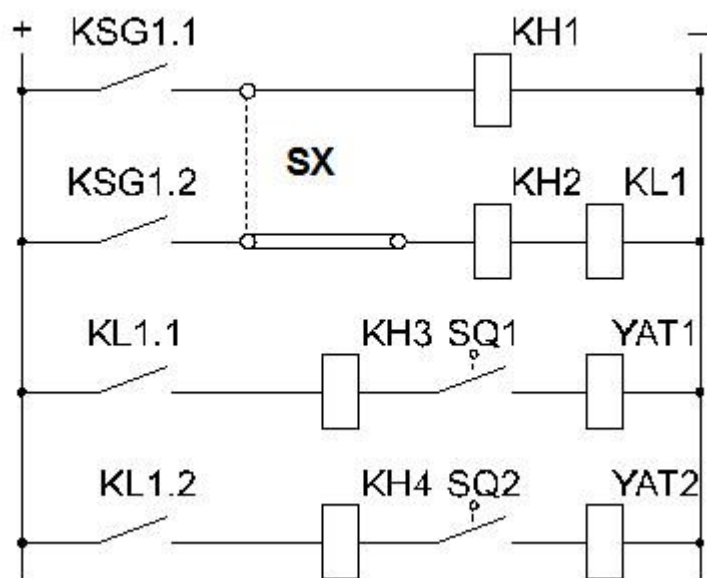


Рисунок 18 – Принципиальная схема включения газового реле

Бурное газообразование вызывает течь масла из трансформаторного бака в расширитель, вследствие этого происходит поворачивание нижним поплавком — пластины, она опрокидывается, вызывая отключение трансформатора.

Срабатывание реле, происходит при скорости протекания масла по трубе — 50см/сек. Чувствительность реле на скорость протекания масла регулируется, для этого регулировочный грузик на градуированной пластине

устанавливают на соответствующее значение. Реле регулируется на срабатывание, при любой скорости движения масла от 50 до 150см/сек.

Наблюдение за работой реле можно осуществить через смотровое окошко, на которое нанесена шкала уровня. В верхнем окне, видно, сколько вытеснено масла в см³, нижнее смотровое окно показывает уровень масла выше верхнего края выхода дроссельной шайбы в сантиметрах.

На корпусе реле, на его крышке и на дне, находятся два специальных краника, с помощью верхнего производят отбор и выпуск газа, через нижний выполняют отбор масла и опорожняют сосуд реле.

Газовое реле лопастного типа

Принцип действия газовой защиты, реле лопастного типа идентичен работе поплавкового реле, отличие заключается в том, что его главный элемент состоит из поплавка и лопасти, они соединены с ртутным контактом, срабатывающим на отключение.

Газовое реле чашечного типа

Реле чашечного типа относятся к более совершенным современным моделям, используемым в газовой защите трансформатора, вместо поплавка в корпусе расположена чашка, которая может вращаться вокруг своей оси. При понижении уровня масла в реле, происходит замыкание контакта, при ускоренном образовании газа, происходит поворот лопасти, контакты отключаются.

Достоинства

Газовая защита силовых трансформаторов имеет ряд достоинств – это:

1. Простота конструкции.
2. Высокая чувствительность к повреждениям, особенно внутри обмоток или к межвитковым замыканиям.

3. Высокая степень повреждения характеризуется незначительным временем действия,

4. Срабатывание реле «на сигнал» при слабом, или «на отключение» при интенсивном образовании газа.

5. Газовая защита, единственная защита трансформатора, предохраняющая его от «пожара стали» магнитопровода, вследствие порчи изоляции между листами стали.

Недостатки газового реле

1. Невозможность устройства срабатывать при внешних неисправностях трансформатора на его выводах и на участке между трансформатором и выключателем.

2. После заливки масла или ремонта системы охлаждения трансформатора, внутрь газового реле может попасть воздух, или произойти ложное срабатывание, после которого необходимо проверять трансформатор на отсутствие дефектов.

Особенности эксплуатации газовой защиты трансформаторов

Обязательное требование после каждого срабатывания защиты, произвести осмотр трансформатора и проверить состояние реле. В первую очередь проверяется уровень масла в расширителе, смотрят, чтобы не было течи, проверяют целостность стеклянной мембраны, установленной на выхлопной трубе, в некоторых случаях мембрана изготавливается из маслостойкой резины.

Проверяется наличие или отсутствие газа, для этого служит смотровое окно в сосуде реле, определяют цвет и объем газа. Производят отбор пробы газа. Химический состав газа должен сказать о характере повреждения внутри корпуса, указывает место неисправности, в стали магнитопровода или

вследствие разложения масла, количество газа помогает определиться со степенью и характером повреждения.

Например, наличие окиси и двуокиси водорода говорит о неисправности в изоляции. Цвет газа – серо-белый, значит, повреждена электротехническая бумага или маслосборная изоляция из пропитанного картона, желтый газ говорит о разрушении дерева, темный цвет о порче масла.

Испытание на горючесть газа происходит после взятия пробы газа для проведения химического анализа. Если газ горит, значит, ввод трансформатора в работу категорически запрещен.

При наличии в резервуаре реле воздуха (газ не горит), его выпускают через кран в корпусе реле, затем производят осмотр, при отсутствии выпавших блинкеров срабатывания защит, трансформатор включается вначале на холостой ход, затем, после соответствующей команды, ставится под нагрузку.

Для газовой защиты силовых трансформаторов от 330кВ, при наличии воздуха в реле, необходимо выявить причину появления воздуха. В противном случае существует вероятность, при вводе трансформатора может произойти перекрытие изоляционных промежутков.

Продольная дифференциальная токовая защита от повреждений на выводах и внутренних повреждениях трансформатора

1. Рассчитываются первичные токи для всех сторон силового трансформатора:

– сторона ВН: $I_{ВН\ НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3}U_{ВН}} = \frac{125000}{\sqrt{3} \cdot 121} = 596,44\text{ А}$

– сторона НН: $I_{НН\ НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3}U_{НН}} = \frac{125000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6873,2\text{ А}$

Выбираются трансформаторы тока:

- сторона ВН: ТФЗМ110-600/5;
- сторона НН: ТЛШ10-8000/5;

Трансформаторы тока на каждой из сторон соединяются в схему полной звезды с нулевым проводом.

2. Определяются коэффициенты амплитудно-фазовой коррекции:

- сторона ВН: $K_1 = \frac{I_{ВН\ НОМ}}{I_{ТТ\ НОМ}} = \frac{596,44}{600} = 0,99$
- сторона НН: $K_2 = \frac{I_{НН\ НОМ}}{I_{ТТ\ НОМ}} = \frac{6873,2}{8000} = 0,86$

3. Определяется начальный ток срабатывания $I_{ср0}$. Принимается типовое значение уставки $I_{ср0}=0,3$. [15]

4. Определяется точка излома характеристики срабатывания. Принимается типовое значение уставки $B=1,5$. [15]

Характеристика срабатывания принимается по требованиям производителя - Цифровые защиты генераторов, трансформаторов и блоков генератор-трансформатор электростанций: Техническое описание. ЭКРА.656116.166 ТО. – Чебоксары: ЭКРА, 2009.

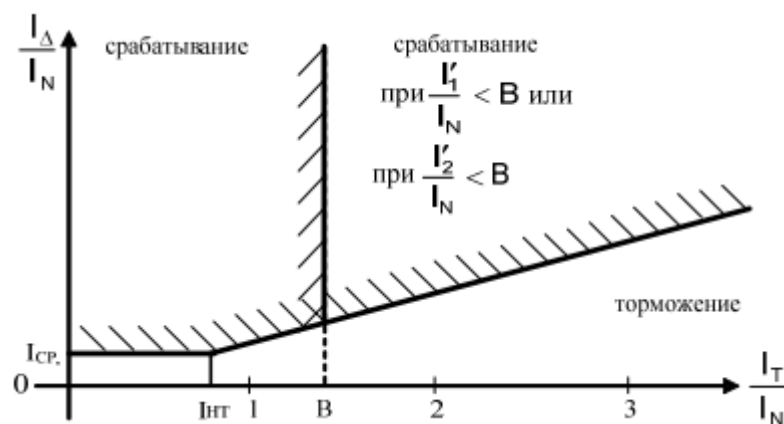


Рисунок 19 – Характеристика срабатывания

5. Определяется коэффициент торможения. Принимается типовое значение уставки $K_T=0,5$. [15]

6. Рассчитывается дифференциальный ток отсечки $I_{отс}$.

$$I_{отс} = 6 \cdot I_{ВН\ НОМ} = 6 \cdot 596,44 = 3578,64 \text{ А}$$

7. Производится отстройка от броска тока намагничивания. Принимается рекомендуемое значение уставки – 10%.

Согласно ПУЭ чувствительность защиты можно не проверять.

Токовая защита нулевой последовательности от токов внешнего замыкания
на землю

Защита устанавливается при заземленной нейтрали. Выполняется в виде трех ступеней. [16,17]

Токовую защиту трансформатора выполняем в виде 3 ступеней.

Первая ступень – защита от замыканий на стороне ВН трансформатора.

Вторая ступень – защита от замыканий на стороне НН трансформатора.

Третья ступень – максимальная токовая защита.

Токовая защита нулевой последовательности. Подавляющее большинство КЗ (вплоть до 80%) – это короткие замыкания на землю. При заземленной нейтрали, в сети ток короткого замыкания идет по контуру фаза — земля. Из этого следует, сумма токов всех трех фаз не равняется нулю, а наоборот, она равняется тройному значению симметричной составляющей тока нулевой последовательности

$$\underline{I_A} + \underline{I_B} + \underline{I_C} = 3\underline{I_0}$$

Таким образом равно как в рабочем режиме совокупность токов 3-х фаз равна нулю, токовую защиту, реагирующую в ток нулевой последовательности, не нужно отстраивать от тока рабочего режима, это создает эту защиту значительно более чувствительной по соотношению с МТЗ. Ток срабатывания токовой защиты нулевой последовательности отстраивается с тока небаланса, обусловленного погрешностями трансформаторов тока защиты, какой тем более, чем более ток в первичных обмотках данных трансформаторов тока. Ток срабатывания ТЗ нулевой последовательности ЛЭП отстраивается от тока небаланса при коротком замыкании, произошедшем за трансформатором приемной ПС. Это значит, что можно никаким образом не отстраивать такую защиту по времени срабатывания от времени срабатывания защит потребителей электричества. В связи с чем такая защита становится максимально быстродействующей в сравнении с МТЗ.

Ступенчатая токовая защита нулевой последовательности в основном выполняется в виде защиты, первыми ступенями которой являются токовые отсечки нулевой последовательности с выдержкой времени и без выдержки.

Ток срабатывания первых двух ступеней выбирается из условий:

- согласование с первой и второй ступенью защит от замыкания на землю смежных ЛЭП по чувствительности соответственно:

$$I_{0сз}^1 \geq K_{отс} \cdot K_{ток} \cdot 3\dot{I}_{0сз(пред)}$$

$$I_{0сз}^2 \geq K_{отс} \cdot K_{ток} \cdot \ddot{I}_{0сз(пред)}$$

$$K_{отс} = 1,1;$$

$$K_{ток} = 1 - \text{коэффициент токораспределения};$$

$$\dot{I}_{0сз(пред)}, \ddot{I}_{0сз(пред)} - \text{ступени защит от замыканий на землю смежных линий}$$

Выбирается большее значение, которое отстраивают от небаланса в нулевом проводе.

Ток срабатывания третьей ступени отстраивается от небаланса в нулевом проводе:

- при трехфазных коротких замыканиях на стороне НН рассматриваемого трансформатора и за трансформаторами данной и противоположных подстанций

$$I_{0C3}^{III} \geq k_{OTC} \cdot I_{0HB}$$

где

$k_{OTC} = 1,25$ - коэффициент отстройки;

$I_{0HB} = k_{HB} \cdot I_{PACЧ}$ - ток небаланса при внешнем трехфазном замыкании;

$k_{HB} = (0,05 - 0,1)$ - коэффициент небаланса;

$I_{PACЧ}$ - ток в месте установки защиты при внешнем трехфазном замыкании.

- в послеаварийных нагрузочных режимах

$$I_{0C3}^3 \geq \frac{k_{OTC}}{k_g} \cdot (I_{0HB} + 3I_{0вн.нс}),$$

где $k_{OTC} = 1,25$ - коэффициент отстройки;

$3I_{0вн.нс}$ - обусловленный внешней несимметрией утроенный ток нулевой последовательности.

Проверяем чувствительность защиты

$$k_q = \frac{3 \cdot I_{0КЗ}}{I_{0C3}}$$

Первая и вторая ступень проверяются по току замыкания на землю на шинах подстанции. Проверка третьей ступени проводится по току замыкания в конце смежных линий.

Требуемое значение коэффициента чувствительности - порядка 1,2.

Резервная защита

Первая ступень – токовая отсечка отстраивается от тока трехфазного короткого замыкания на стороне низшего напряжения при отключенном генераторе Г1.

$$I_{CP} = k_H I_{K1r}^{(3)} = 1,2 \cdot 2,24 = 2,69 \text{ кА}$$

где

$k_H = 1,2$ - коэффициент надежности.

Для обеспечения требуемой чувствительности в качестве второй ступени устанавливается МТЗ с блокировкой по напряжению.

$$I_{CP} = \frac{k_H \cdot k_{C3}}{k_B} I_{НОМ} = \frac{1,2 \cdot 2}{0,95} \cdot 596,44 = 1,51 \text{ кА}$$

где

$k_H = 1,2$ - коэффициент надежности;

$k_{C3} = 2$ - коэффициент самозапуска;

$k_B = 0,95$ - коэффициент возврата.

Проверяется чувствительность защиты.

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{K3r}^{(2)}}{I_{CP}} = \frac{0,85 I_{K3r}^{(3)}}{I_{CP}} = \frac{0,85 \cdot 2,24}{1,51} = 1,26$$
$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{K3}^{(2)}}{I_{CP}} = \frac{0,85 I_{K3}^{(3)}}{I_{CP}} = \frac{0,85 \cdot 2,38}{1,68} = 1,2$$

Выбирается выдержка времени равная 0,3 с.

Защита от перегрузки

Ток срабатывания защиты отстраивается от номинального тока трансформатора

$$I_{CP} = \frac{k_{OTC}}{k_B} I_{НОМ} = \frac{1,05}{0,95} \cdot 596,44 = 659,2 \text{ A} = 0,66 \text{ кА}$$

где

$k_{OTC} = 1,05$ - коэффициент отстройки.

$k_B = 0,95$ - коэффициент возврата.

Вывод: в данном разделе спроектирована и рассчитана система РЗиА блока «Генератор – Трансформатор». Спроектированная защита отвечает всем требованиям, предъявляемым к РЗиА.

12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Планирование проектных работ.

Работы по проектированию выполняют два человека: руководитель проекта и исполнитель (инженер). Распределение работ заполняем в таблицу 16.

Определение трудоемкости выполнения работ

Основную часть стоимости разработки обычно составляют трудовые затраты. Следовательно, определение трудоемкости работ всех участников проекта очень важно.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где: $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

где: T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Полученные данные заносим в соответствующий столбец таблицы 15.

В качестве примера приведем расчет для пункта 5 таблицы 15:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \approx 2 \text{ чел. – дн.}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Таблица 17 – Длительность этапов проектирования и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	Длит-ть работ в рабочих днях T_{pi}	Длит-ть работ в календ-х днях T_{ki}
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта	1	2
Ознакомление с технической документацией и литературой	2	Ознакомление с технической документацией	Инженер	1	2
	3	Подбор литературы	Инженер	1	2
	4	Календарное планирование работ	Руководитель проекта	1	2
Выбор устройств РЗиА	5	Описание электрической схемы и параметров основного оборудования станции	Инженер	2	3
	6	Выбор устройств РЗиА	Руководитель проекта	1	2
	7	Описание принятых устройств РЗиА	Инженер	1	2
Расчет уставок защит	8	Выбор расчетных режимов	Руководитель проекта	1	2
	9	Составление схемы замещения энергорайона	Инженер	3	5
	10	Расчет токов КЗ	Инженер	3	5
	11	Расчет релейной защиты генератора и трансформатора	Инженер	3	5
Анализ устройств автоматики	12	Анализ устройств автоматики	Руководитель проекта, Инженер	4	6

Разработка мероприятий по охране труда, окружающей среды и состоянии структуры ГО	13	Разработка мероприятий по охране труда, окружающей среды и состоянии структуры ГО	Инженер	3	5
Технико-экономическое обоснование проекта	14	Технико-экономическое обоснование проекта	Инженер	3	5
Разработка технической документации	15	Составление пояснительной записки	Инженер	2	3
	16	Составление принципиальных электрических схем	Инженер	2	3
	17	Оформление чертежей	Руководитель проекта, Инженер	3	5

Разработка графика проведения научного исследования

После распределения работ по исполнителей построим диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3$$

где: T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48,$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Полученные данные по длительностям работ заносим в соответствующий столбец таблицы 16.

В качестве примера приведем расчет для пункта 5 таблицы 16:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,48 = 2,96 \approx 3$$

На основании таблицы 16 строится календарный план-график. График приведен рисунке 24.

Расчёт научно-технической эффективности

Для проектирования необходимо узнать требования потенциальных потребителей. Затем вычисляем единичный параметрический показатель

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p,$$

где q – параметрический показатель;

P – величина параметра реального;

P_{100} – величина параметра гипотетического (идеального) объекта, удовлетворяющего потребность на 100%;

p – вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта, принимаем $p=0,9$

Каждому параметрическому показателю по отношению к объекту соответствует некий вес d , разный для каждого показателя. После вычисления всех единичных показателей становится реальным вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие объекта потребности в нем (полезный эффект или качество объекта):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i,$$

где Q – групповой технический показатель (по техническим параметрам);

q_i – единичный параметрический показатель по i -му параметру;

d_i – вес i -го параметра;

n – число параметров, подлежащих рассмотрению.

$$Q_n = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,864$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^n q_i d_i = 0,162$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ты}} = \frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{б}}} = \frac{0,864}{0,162} = 5,33$$

где $K_{\text{ты}}$ – показатель конкурентоспособности нового объекта по отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня);

$Q_{\text{н}}$, $Q_{\text{б}}$ – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 18 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	Новшество ЭКРА		Устаревшие эл.механич.УРЗА		Идеальное УРЗА	
		P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}	q_{100}
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), Q		$Q_{\text{н}}$		$Q_{\text{б}}$		$Q_{100}=1$	
1.1 Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую, (%)	0,3	90	0,9	60	0,54	100	0,9
1.2 Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи, (%)	0,2	80	0,72	0	0	100	0,9
1.3 Возможность ведения отчёта о срабатывании защит, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.4 Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования, (%)	0,2	100	0,9	0	0	100	0,9
1.5 Возможность подключения в сеть ЭВМ, (%)	0,1	100	0,9	0	0	100	0,9

Таблица 19 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество: ЭКРА	Конкурент: Устаревшие эл.механич.УРЗА
Возможность оперативного изменения уставок защит и переход с одной характеристики на другую.	Широкий спектр выбора изменяемых уставок с возможностью оперативного изменения характеристик.	Узкий спектр выбора изменяемых уставок без возможности оперативного изменения характеристик.
Возможность передачи информации о состоянии РЗ на удаленные диспетчерские пункты через специальные каналы связи	Обеспечивается передача информации по каналам связи, прокладываемым при установке оборудования. Не требуются доп. каналы связи.	Передача информации невозможна.
Возможность ведения отчёта о срабатывании защит.	Есть возможность	Нет возможности
Возможность выполнения самодиагностики и диагностики первичного оборудования	Есть возможность	Нет возможности
Возможность подключения в сеть ЭВМ.	Есть возможность	Нет возможности

Превосходство «ЭКРА» обеспечивается за счет того, что продукция данного производителя широко распространена на отечественном рынке и пользуется заслуженной популярностью. Этого удалось достичь, в первую очередь, за счет надежности и качества. Преимуществ у микропроцессорных защит много: это меньшие габаритные размеры, постоянная самодиагностика, совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий, возможность интеграции в АСУ ТП, оперативное внесение изменений в программы защит, в том числе и для исправления проектных ошибок и прочее. Если учесть все эти составляющие, то можно смело утверждать, что цена функций в таких

изделиях сопоставима с электромеханическими защитами (а чаще – ниже) и это выбивает главный аргумент сторонников электромеханики.

Таблица 20 - Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение i -го фактора
	d_i	$K_{дyi}$	$K_{дyi} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов (критерий оценки: обобщен имеющийся опыт)	0,1	0,3	0,03
2. Перспективность использования результатов (критерий оценки: использование для предварительного рабочего проектирования в расчётных группах РЗА ОДУ, РДУ)	0,4	0,1	0,04
3. Завершенность полученных результатов (критерий оценки: написан отчет по теме)	0,3	0,1	0,03
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов	0,2	0,1	0,02
Результативность	$K_{\Sigma} = \sum(K_{дyi} \cdot d_i) = 0,14$		

Бюджет проекта

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 21 – Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Количество	Общая стоимость, руб.
1. Бумага	2	100	200
2. Карандаш	10	1	10
3. Ластик	12	1	12
4. Ручка	20	2	40
5. Линейка	50	1	50
6. Калькулятор	500	1	500
7. Картридж	3000	1	3000
Итого			3812

Оплата труда.

Будем исходить из того, что оклад:

– руководителя проекта 23000 руб.;

- исполнителя – 16000 руб.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_M = З_{ТС} \cdot k_D \cdot k_P$$

Где

$З_{ТС}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_D = 1,16$ – коэффициент дополнительной заработной платы руководителя;

$k_D = 1,08$ – коэффициент дополнительной заработной платы инженера;

$k_P = 1,3$ – районный коэффициент для Томска.

Тогда месячная зарплата:

- для руководителя – $(23000+2200) \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 38000$ руб;
- для исполнителя – $(16000+2000) \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 25272$ руб.

Согласно построенному календарному плану-графику руководитель проекта занят 19 календарных дней, а исполнитель – 51 календарный день.

У руководителя проекта на исполнителя выделено 20 часов в месяце.

Соответственно, в месяце 168 часов.

Тогда:

$$C_{ЗП} = \sum ЗП_{ТЕХН} + \sum ЗП_{ИНЖ} = \frac{20}{168} \cdot 38000 + \frac{51}{31} \cdot 25272 = 46100 \text{ руб}$$

Отчисления на социальные нужды –30%:

$$C_{СФ} = 0,3 \cdot 46100 = 13830 \text{ руб.}$$

Прочие непредвиденные расходы (Пр. 10% от $\sum I_{П}$)

$$\sum I_{П} = C_M + C_{ЗП} + C_{СФ} = 3812 + 46100 + 13830 = 63742 \text{ руб}$$

$$C_{ПР} = 6374 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (40 % от $\sum I_{П}$)

$$C_{НР} = 0,4 \cdot \sum I_{П} = 0,4 \cdot 63742 = 25497 \text{ руб.}$$

Итого себестоимость проекта

$$C_{П} = C_M + C_{ЗП} + C_{СФ} + C_{ПР} + C_{НР} = 95613 \text{ руб.}$$

Принимаем, что предполагаемой прибыли данного предприятия, составляет 20%.

$$ПР = 0,2 \cdot C_{п} = 19122 \text{ руб.}$$

Тогда, договорная цена проекта составит:

$$K_{пр} = C_{п} + ПР = 114735 \text{ руб.}$$

Смета затрат на покупку оборудования РЗиА.

Материальные затраты на оборудование:

Для расчета использованы данные [19]. Данный портал является информационно-аналитической и торгово-операционной системой, предоставляющей информацию о рынке продукции, услуг и технологий для электроэнергетики. Согласно данным этого сайта, стоимость шкафа защит ШЭ1111 НПП «ЭКРА» на 2018 г. составляла $M_{з.м.} = 4523334$ руб. (цена с НДС).

Для данного оборудования необходимо два комплекта защит.

Итого капитальные затраты на оборудование составляют:

$$K_{об} = 4523334 \cdot 2 = 9046668 \text{ руб.}$$

Суммарные капиталовложения на проектирование, монтаж и наладку аппаратуры РЗиА

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{пр} + K_{об} + K_{монт}$$

Где: $K_{монт} = 20\% \text{ от } K_{оборуд}$

$$K = 114735 + 9046668 + 9046668 \cdot 0,2 = 10970737 \text{ руб.}$$

В данном разделе произведен расчет суммарных капиталовложений на проектирование, монтаж и наладку аппаратуры РЗиА блока «Генератор – Трансформатор» КЭС 400 МВт. Суммарные капиталовложения составляют 11 млн. руб.

13. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность является одним из важнейших социально-экономических, санитарно-гигиенических и экологических мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда на станции.

Каждый работник имеет право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены, а администрация обязана внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие возникновение профессиональных заболеваний рабочих и служащих. В связи с этим в данном разделе дипломной работы рассмотрены вопросы социальной ответственности при монтаже силового оборудования на подстанции. В связи с этим в данном разделе рассмотрен анализ опасных и вредных факторов, предложены меры по устранению этих факторов или защиты от них. Рассмотрены вопросы экологической безопасности, чрезвычайных ситуаций и правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Анализ вредных факторов

На предприятии рабочие часто сталкиваются с воздействием таких физически вредных производственных факторов, как:

- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная температура воздуха;
- наличие повышенного уровня шума;
- вибрация;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- тепловое излучение;
- скорость движения воздуха.

Опасные факторы:

- механические травмы;
- возможность поражения электрическим током;
- статическое электричество;
- взрыв;
- пожар.

Необходимо определить неблагоприятные производственные факторы, произвести их количественную оценку и ее сопоставление с нормативными требованиями для анализа опасных и вредных факторов и способам улучшений условий труда.

Микроклимат

В обеспечении условий высоко производственного труда научно-технического персонала немаловажную роль играет микроклимат, т.е. факторы производственной среды, влияющие на физическое и эмоциональное состояние человеческого организма. К таким факторам относятся:

- 1.температура;
- 2.влажность и давление воздуха;
- 3.скорость движения воздуха;
- 4.Интенсивность тепловое излучение.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда согласно [28] «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

–температура воздуха $t^{\circ}\text{C}$;

–относительная влажность $\varphi, \%$;

–скорость движения воздуха $v, \text{м/с}$;

Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Оптимальные параметры микроклимата в холодный и теплый периоды года в главном производственном корпусе, для электромонтера, должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 21, при этом изменения температуры воздуха в течение смены не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин, указанных в таблице 21.

К категории Пб относятся работы с расходом энергии от 232 до 293 Дж/с (Работа, связанная с ходьбой и перенесением тяжестей до 10кг)

Таблица 22 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$		Температура поверхностей, $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптим. вел.	Диапазон выше оптим. вел.			Для диапазона темпер. воздуха ниже оптим. вел., не более	Для диапазона темпер. воздуха ниже оптим. вел., не более
Холодный	Пб (141-175)	19-20,9	23,1-24	18-25	15-75	0,1	0,2
Теплый	Пб (141-175)	20-21,9	24,1-28	19-29	15-75	0,1	0,3

Мероприятия по созданию условий для нормальной терморегуляции организма:

- механизация и автоматизация технологических процессов;
- защита от источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов;
- устройство систем вентиляции;
- кондиционирование воздуха и отопление.

Мероприятия по борьбе с загрязненностью воздуха вредными газами, парами и аэрозолями:

- удаление из производства или ограничение использования вредных веществ;
- рационализация технологического процесса, устраняющая образование газов, паров и аэрозолей;
- максимальная герметизация оборудования;
- механизация и автоматизация производственных процессов;
- увлажнение обрабатываемых материалов;
- устройство различных систем вентиляции от мест выделения газов, паров или аэрозолей;
- снабжение рабочих средствами индивидуальной защиты.

Производственная вентиляция

Нормы производственной вентиляции установлены системой стандартов безопасности труда. и санитарные нормы. СП 60.13330.2012 [30]

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м³/ч.

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается, а в летнее время охлаждается, кроме того, поступающий воздух при необходимости может быть увлажнен или осушен. Механическая вентиляция

обеспечивает очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

Производственное освещение

Нормирование освещенности производится в соответствии со СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»[33].

Освещение в производственных условиях определяется следующими основными параметрами:

- световой поток Φ , лм;
- сила света I , кд;
- освещенность E , лк;
- яркость L , кд/м².

На рабочем месте предусматривается совмещенное освещение: естественное боковое двухстороннее дополняется искусственным общим освещением.

Основные требования к рабочему освещению:

- освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительных работ;
- необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства;
- на рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени;
- в поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная бликующая повышенная яркость светящихся поверхностей;
- величина освещенности должна быть постоянной во времени;

- следует выбирать необходимый спектральный состав света;
- следует выбирать оптимальную направленность светового потока;
- все элементы осветительных установок должны быть достаточно долговечны, электробезопасны, а также не должны быть причиной возникновения пожара или взрыва;
- установка должна быть удобной и простой в эксплуатации, отвечать требованиям эстетики.

Защита от электромагнитных полей

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются Санитарными нормами и правилами СанПиН 2.2.4.1191-03.

«Электромагнитные поля в производственных условиях» [29]

Основные параметры ЭМП:

- частота f , Гц;
- напряженность электрического поля E , В/м;
- напряженность магнитного поля H , А/м;
- плотность потока энергии I , Вт/м².

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте

течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.

Напряженность магнитного поля в соответствии с предельно допустимым уровнем на рабочем месте не должна превышать 8 кА/м[22]

К основным методам защиты персонала от ЭМП радиочастот относятся:

- выбор рациональных режимов работы оборудования;
- ограничение места и времени нахождения работающих в ЭМП;
- защита расстоянием;
- рациональное размещение в рабочем помещении оборудования;
- уменьшение мощности источника излучений;
- использование поглощающих или отражающих экранов;
- применение средств индивидуальной защиты: специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, защитные очки, специальные каски и шлемы.

Анализ опасных факторов

Электробезопасность

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электро-безопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [21] устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, ПУЭ [5].

Основные факторы, определяющие опасность поражения электрическим током:

- электрическое сопротивление тела человека;
- величина напряжения и тока;
- продолжительность воздействия электрического тока;

- пути тока через тело человека;
- род и частота электрического тока;
- условия внешней среды и состояние человека.

Таблица 23 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	U,В	I,мА
	Не более	
Переменный, 50Гц	2,0	0,3
Переменный, 400Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Основными мерами защиты от поражения током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения, с помощью установки (Ограждения делают из диэлектрика или из металла.
- электрическое разделение сети;
- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и д.р.;
- применение специальных защитных средств переносных приборов и приспособлений;

– организация безопасной эксплуатации электроустановок:

1.Изоляция токоведущих частей.

2.Недоступность токоведущих частей.

3.Блокировки безопасности.

– электрическая изоляция токоведущих частей;

– ограждение;

– сигнализация и блокировка;

– использование малых напряжений;

Согласно ПУЭ, сопротивление изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм.

Поражение электрическим током

Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т. е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. При этом повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, является опасным фактором. В зависимости от условий производственной среды, в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» [5], должны быть определены следующие пункты

– выбор и обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;

– требования к электрооборудованию;

– анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;

- мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- обоснование мероприятий и средств защиты работающих от поражения электрическим током.

Дожимная насосная станция относится к помещениям с повышенной опасностью поражением людей электрическим током, характеризуется наличием следующих условий согласно ПУЭ [5].

- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные);
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землёй металлоконструкциям зданий, механизмов, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Экологическая безопасность

Загрязнение окружающей природной среды — один из факторов, наиболее существенно влияющих на продолжительность жизни и здоровье людей. Среди объектов техногенного воздействия на компоненты природной среды ведущее место занимает топливно-энергетический комплекс (ТЭК). В настоящее время на территории Российской Федерации в отвалах и хранилищах накопилось около 80 млрд. т твердых отходов. Количество ежегодно образующихся токсичных отходов на предприятиях топливной промышленности составляет около 16% от всех отраслей промышленности РФ. Основная их доля образуется на предприятиях горнодобывающей, металлургической, химической, нефтегазовой промышленности. Практически каждый технологический процесс предприятий ТЭК сопровождается образованием отходов.

Производство строительных материалов является наиболее перспективной отраслью по использованию строительных отходов.

Значительная доля в образовании отходов, как при строительстве, так и при эксплуатации предприятий ТЭК, принадлежит твердым бытовым отходам. Отсутствие предприятий по переработке бытовых отходов приводит к их захоронению на свалках. Такие объекты, как правило, расположены вблизи от населенных мест и являются мощным источником загрязнения окружающей среды и биогенного влияния на здоровье людей. Наиболее перспективным по экологическим и экономическим показателям является рециклинг. Технологический этап переработки начинается с наиболее трудоемкого процесса – сортировки отходов. Важным этапом в подготовке к переработке является отдельный по видам сбор отходов самим населением.

Улучшить экологическую обстановку при обращении с отходами позволит выполнение следующих мероприятий:

- внедрение прогрессивных технологий по утилизации, переработке и обезвреживанию отходов;
- сокращение количества образующихся отходов путем внедрения малоотходных (безотходных) технологий;
- вовлечение в хозяйственный оборот (производственный цикл) в качестве вторичных материальных ресурсов образующиеся отходы;
- осуществление селективного сбора отходов по видам и классам опасности;
- организация мест временного безопасного накопления отходов на промышленной площадке;
- обязательное лицензирование деятельности по обращению с опасными отходами;
- инвентаризация мест размещения отходов производства и потребления;

- нормирование всех образующихся отходов и установление лимитов на их размещение;
- экономическое стимулирование предприятий, осуществляющих вовлечение отходов в хозяйственный оборот и внедрение малоотходных технологий;
- долевое участие различных отраслей промышленности в финансировании объектов сферы обращения с отходами;
- внедрение механизма залоговой стоимости переработки (утилизации, обезвреживания) амортизированной продукции (шин, аккумуляторов, тары, люминесцентных ламп) в товарную стоимость этой продукции;
- усиление контроля инспектирующих организаций и привлечение к ответственности за нарушение природоохранного законодательства предприятий в области обращения с отходами.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Статистика свидетельствует, что за последние 40 лет в мире в среднем в год происходит около 8 стихийных бедствий и от 9 до 23 аварий и катастроф, уносящих не менее 100 человеческих жизней.

Современное высокоразвитое индустриальное общество требует все большего усложнения технологии производства, что неизбежно ведет к росту возможностей возникновения аварий и катастроф. Каждый год на территории России возникают сотни чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или

окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Необходимо предупреждение чрезвычайных ситуаций - комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения.

Ликвидация чрезвычайных ситуаций - это аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

Техногенные чрезвычайные ситуации:

Пожар — неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, опасность жизни и здоровью людей и животных.

Причины возникновения пожаров в помещении:

- несоблюдение правил эксплуатации производственного оборудования и электрических устройств;
- неосторожное обращение с огнём;
- самовозгорание веществ и материалов.

Противопожарные мероприятия и пожарная защита

Средства пожаротушения

Для быстрой локализации очагов возгорания служат ручные огнетушители. Типы огнетушителей: ГОСТ 12.4.009 - 75, СНиП II - 90 -81, согласно МЮ РФ 27.06.2003г., № 4838, устанавливаются в количестве:

- огнетушитель порошковый ОП – 10,
- огнетушитель порошковый ОП – 20;
- углекислотно– бромэтиловый огнетушитель ОУБ – 7.

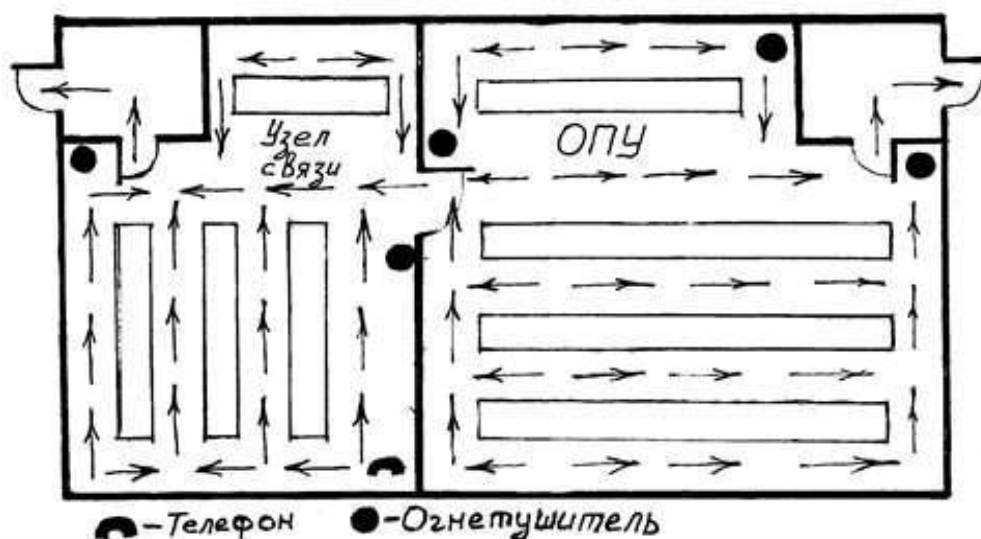


Рисунок 21 - План эвакуации

Мероприятия по пожарной профилактике

- организационные: включают в себя противопожарный инструктаж рабочих и служащих, издание приказов по пожарной безопасности и т.д.;
- технические: - соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании помещений, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения и правильное размещение оборудования и включающий в себя план эвакуации при пожаре показанный на рисунке 17;
- мероприятия режимного характера: запрещение курения в неустановленных местах, производства огневых работ в помещении;
- технологического эксплуатационные: своевременные профилактические осмотры и испытания оборудования.

Природные чрезвычайные ситуации

1. Опасные геологические, стихийные, гидрометеорологические и другие природные явления:

- землетрясения 3 балла и более;
- сильные дожди и ливни - 50 мм осадков и более за 12 часов и менее;
- снегопад - 150 мм и более за 12 часов и менее;
- гололед и ветер - скорость при порывах 25 м/сек и более;
- отложение льда и снега на проводах ЛЭП - 20 мм и более;
- значительное понижение и резкие перепады температур воздуха.

Стихийные бедствия могут вызвать разрушения, нанести материальный ущерб, внезапно нарушить нормальную жизнедеятельность людей, а зачастую привести к безвозвратным потерям определенной их части.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности проектируемой зоны

Под вредными условиями труда следует понимать присутствие на производстве таких факторов, которые наносят ущерб здоровью работников. То есть на рабочих местах не соблюдены определенные гигиенические требования, что может оказывать отрицательное воздействие на дееспособность служащих, а также на здоровье их возможных детей.

Электромонтерам приходится часто выполнять различные операции, сопряженные с прямым риском здоровью (вредные условия труда). Такие сферы деятельности и специальности связаны с вредными условиями труда, указывается в Постановлении Правительства РФ от 29.03.2002 г. №188 «Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки», Федеральный закон РФ от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «Об специальной оценке условий труда»

Люди, работающие на вредных производствах, обеспечиваются льготами и компенсациями, Трудовой кодекс РФ, ст. 165 «Случаи предоставления гарантий и компенсаций».

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливаются на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия.

Грамотная социальная политика - ключ к успеху предприятия, ведь эффективность работы напрямую зависит от эмоционального комфорта и позитивного настроения коллектива.

В организационные вопросы обеспечения безопасности труда входит разработка инструкций по работе и обслуживанию электрических аппаратов и оборудования. Проведение обучения работы с оборудованием и проверка знаний.

К самостоятельной работе допускаются лица прошедшие медицинское освидетельствование, курсовое обучения по теоретическим знаниям и практическим навыкам в работе в объёме программы, аттестацию квалификационной комиссии и инструктаж по охране труда на рабочем месте.

Первичный инструктаж рабочий получает на рабочем месте до начала производственной деятельности. Первичный инструктаж производит дежурный инженер. Повторный инструктаж электромонтер получает - ежеквартально. После первичного инструктажа в течение первых двух – пяти смен должен выполнять работу под наблюдением электромастера, либо наставника, после чего оформляется допуск к самостоятельной работе, который фиксируется датой и подписью инструктирующего и инструктируемого в журнале инструктажа.

Социальное страхование работников

Законодательством РФ созданы нормы обязательной защиты граждан, выраженные в виде социального страхования. Система гарантированных

выплат обеспечивается внебюджетными фондами, бюджет которых формируется взносами работодателей.

Страхование работников является частью государственной программы по обеспечению надлежащего уровня жизни в случае болезни, несчастного случая на производстве или утраты рабочего места при наличии независимых от их воли причин (ликвидация или реорганизация предприятия и т.д.).

Социальное страхование работников предприятия – это одно из основных обязательств, которое берет на себя работодатель. За его выполнением установлен контроль ФСС, который вправе применять санкции относительно правонарушителя. Существует два основных вида социального обеспечения работников:

- пособия;
- пенсии.

Выплаты производятся в отделении, к которому относится место регистрации гражданина – матери или лица, принявшего опеку.

Заключение

В ходе реализации выпускной квалификационной работы был осуществлен выбор УРЗиА электроэнергетических систем, а также были рассмотрены главные задачи проектирования электрической части электростанции.

Для тепловой электростанции мощностью 400 МВт проведён выбор турбогенераторов, трансформаторов.

Спроектированной КЭС содержит два распределительных устройства – ОРУ 220 кВ и ОРУ 110 кВ, связанных через два автотрансформатора АТДЦТН – 125000/220/110. К ОРУ 110 кВ подключены два турбогенератора ТВФ-120-2УЗ через трансформатор ТДЦ – 125000/110. Турбогенератор ТГВ-200-2УЗ подключен к ОРУ 220 кВ через трансформатор ТДЦ – 250000/220.

В результате расчета закреплены знания в области релейной защиты, полученные при изучении теоретического курса, и конкретизация их применительно к реальным элементам ЭЭС, а также приобретен начальный опыт в проектировании релейной защиты ЭЭС.

В основной части выпускной квалификационной работы была рассчитана релейная защита блока генератор-трансформатор, работающего на шинах 110 кВ. Были кратко охарактеризованы защищаемые объекты, проанализирован выбор и обоснования устанавливаемых защит, спланированы и рассчитаны типичные для электроэнергетических систем аварийные режимы, выбраны трансформаторы тока и напряжения.

Установленные типы релейной защиты удовлетворяют требованиям, предъявляемым в ПУЭ, а именно:

- Селективность;
- Быстродействие;
- Чувствительность;
- Надежность.

В заключении можно отметить, что энергоблок, имеющий данные виды релейной защиты, удовлетворяет всем требованиям эксплуатации и надежности.

Для проекта по разработке, наладке и монтажу комплекса релейной защиты был проведен расчет затрат и вычислена себестоимость проекта.

Рабочее место инженера службы релейной защиты было проанализировано на наличие вредных и опасных факторов производства, на основании чего были определены меры по их устранению или ограничению воздействия на работника.

Структурные схемы размещения защит, установленные на генераторе, блочном трансформаторе приведены в приложении А.

Список литературы

1. Барабанов Ю. А. О традиционном подходе при оценке показателей надежности МП-устройств РЗА // Релейная защита и автоматизация. Электрон. Журн. 2014. №11 – URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=32966, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 26.05.2014 г.
2. Илюшин П. В. Проблемные вопросы и перспективы применения цифровых устройств РЗА и ПА в электроэнергетике // Релейная защита и автоматизация. Электрон. Журн. 2014. №1 – URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=32966, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 26.05.2014 г.
3. Караулов А. А. О внедрении микропроцессорных УРЗА в электроустановках АЭС // Релейная защита и автоматизация. Электрон. Журн. 2014. №1 – URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=32966, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 26.05.2014 г.
4. Бурлаков В. С., Захаренко А. Ю., Кузьмичев В. А. Рекомендации по модернизации, реконструкции и замене длительно эксплуатирующихся устройств релейной защиты и электроавтоматики энергосистем // Релейная защита и автоматизация. Электрон. Журн. 2013. №1 – URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=32966, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 26.05.2014 г.
5. Баринов В. А., Лачугин В. Ф., Лисицын Н. В., Маневич А. С., Антонова А. С., Антонов П. С., Мурачева А. С. Перспективы развития Единой Национальной (Общероссийской) электрической сети на период до 2030 г. // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. Электрон. Журн. 2013. №11 – URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9883, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 26.05.2014 г.
6. Гуревич В. И. Снижение уязвимости микропроцессорных устройств релейной защиты к преднамеренным дистанционным деструктивным

- воздействиям // Релейная защита и автоматизация. Электрон. Журн. 2013. №41 – URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=32966, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 26.05.2014 г.
7. Вагапов Н. Р. Управляющее воздействие «Ускорение УРОВ» и динамическая устойчивость Березовской ГРЭС // Релейная защита и автоматизация. Электрон. Журн. 2014. №1 – URL: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=32966, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 26.05.2014 г.
8. Вторая индустриализация Сибири [Электронный ресурс]: Характеристика энергосистемы Красноярского края – URL: <http://vis-inform.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 28.04.2014 г.
9. Приказ МИНПРОМЭНЕРГО РФ от 23.11.2005 №325. Об отнесении объектов электросетевого хозяйства к Единой Национальной (Общероссийской) Электрической сети. – МИНПРОМЭНЕРГО РФ, 2005. – 10 с.
10. Программные комплексы в учебном проектировании электрической части электростанций: учебное пособие / Р. А. Вайнштейн, В. В. Шестакова, Н. В. Коломиец. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 123 с.
11. Системный оператор Единой Энергетической системы России [Электронный ресурс]: Березовская ГРЭС – URL: <http://so-ups.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 21.04.2014 г.
12. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
13. Правила устройства электрических установок. Издание 7. – Изд. ДЕАН, 2013. – 706 с.

14. Комплекс защит генераторов, трансформаторов и блоков генератор-трансформатор электростанций: Руководство по эксплуатации. ЭКРА.656453.005 РЭ. – Чебоксары: ЭКРА, 2009. – 48 с.
15. Цифровые защиты генераторов, трансформаторов и блоков генератор-трансформатор электростанций: Техническое описание. ЭКРА.656116.166 ТО. – Чебоксары: ЭКРА, 2009. – 145 с.
16. Копьев В. Н. Релейная защита основного электрооборудования электростанций и подстанций. Вопросы проектирования. – Томск: Изд. ТПУ, 1999.- с.92.
17. Копьев В. Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. – Томск: изд. ТПУ, 2001.-132 с.
18. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
19. Информационно-аналитическая и торгово-операционная система «Рынок продукции, услуг и технологий для электроэнергетики» [Электронный ресурс] ГРЭС – URL: <http://www.b2b-energo.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 15.04.2014 г.

Нормативная литература

20. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
21. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
22. РД 52.04.186. Комплект измерительный ИК для контроля компонентов в атмосферных осадках и покрове.
23. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты.
24. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
25. СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение.

26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.:Госкомсанэпиднадзор, 2003.
27. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
28. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 12.03.2014) "Об охране окружающей среды"
29. ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01. 01. 96).
30. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
31. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
32. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.
33. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности"
34. Р2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
35. РД 34.03.604. Руководящие указания по защите персонала, обслуживающего распределительные устройства и воздушные линии электропередачи переменного тока напряжением 400, 500 и 750 кВ, от воздействия электрического поля. 1981
36. СанПиН 2.2.4.723-98. Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях
37. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.

38. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.
39. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
40. СНиП 11 -90-81. Производственные здания промышленных предприятий.
41. СНиП 11-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
42. СНиП II-90-81. Производственные здания промышленных предприятий.
43. СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения.

Приложение А

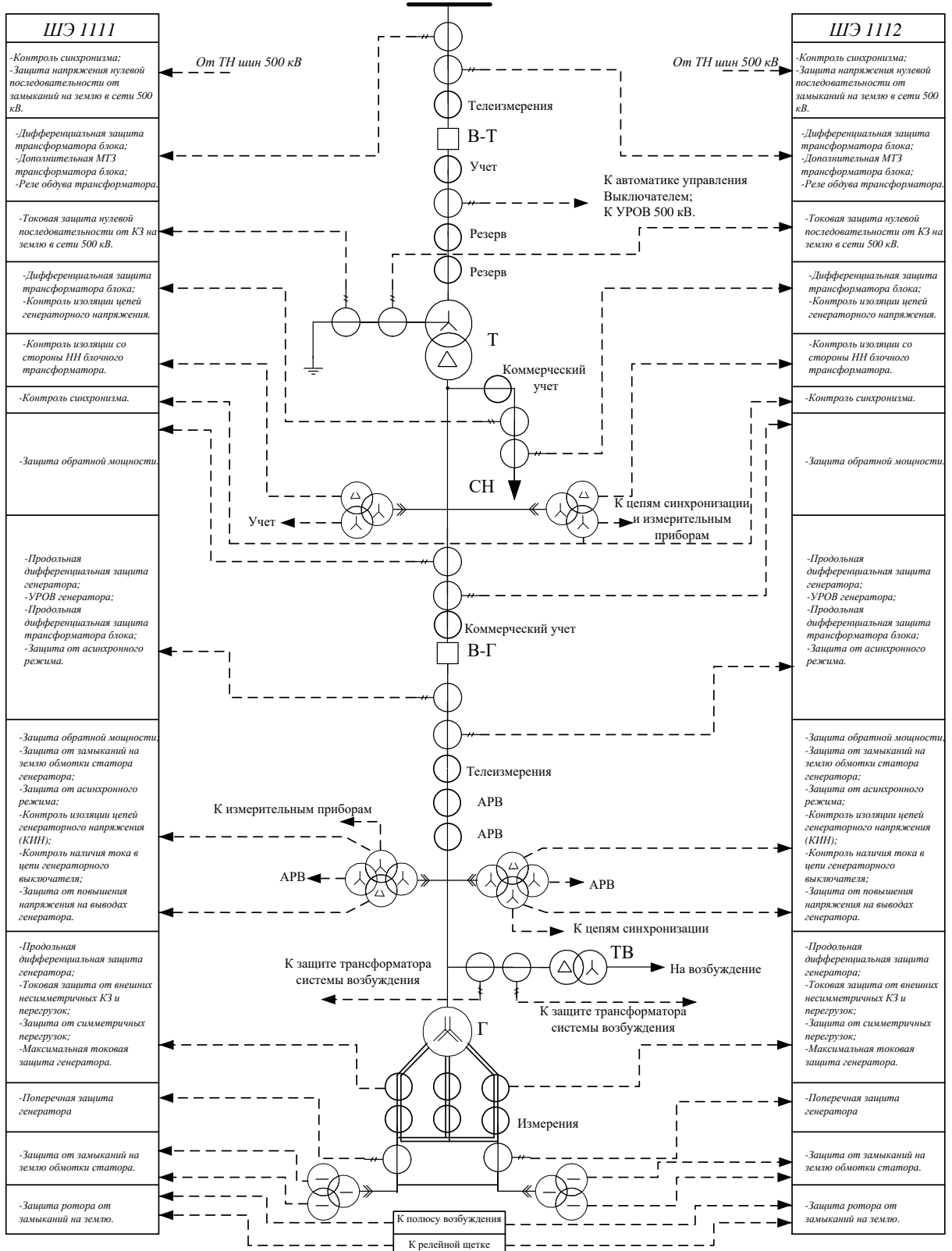


Рисунок А.1 – План-схема распределения релейных защит блока генератор-трансформатор